

**И. В. Циприанович, С. Н. Каратеев**

**СТРОИТЕЛЬСТВО ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ  
АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ**

Тюмень 2010

**Циприанович И. В., Каратеев С. Н.**

Строительство цементобетонных аэродромных покрытий.

В книге дается анализ факторов, влияющих на прочность, надежность и работоспособность аэродромных покрытий. В дидактической последовательности изложены материалы, отражающие передовые методы отечественного строительства цементобетонных монолитных и сборных покрытий, контроля качества производства работ на объектах строительства, цементобетонных заводах, полигонах и заводах по изготовлению бетонных и железобетонных изделий. Отражены вопросы устройства водоотводных и дренажных систем аэродромных цементобетонных покрытий и их отдельных элементов.

Книга рассчитана на студентов высших учебных заведений и специалистов, работающих в области строительства и эксплуатации аэродромов и автомобильных дорог.

## ВВЕДЕНИЕ

Аэродром – это комплекс сооружений, обеспечивающий бесперебойную и безопасную работу сооружений в пространстве и времени.

Одним из составляющих этого комплекса являются аэродромные покрытия – искусственные сооружения, которые должны обладать необходимой прочностью, устойчивостью, ремонтпригодностью, надежностью и долговечностью при воздействии самолетных нагрузок и природных факторов в период их эксплуатации.

Плавный переход от аэродромных покрытий к грунтовым элементам аэродрома должен обеспечить безопасность движения самолета на территории аэродрома в случае нештатных ситуаций.

Аэродромные покрытия и грунтовые элементы аэродрома должны иметь вертикальную и горизонтальную планировки, обеспечивающие надежный водоотвод с поверхности летного поля, ее ровность, экономичность строительства ремонта и круглогодичного содержания аэродромных сооружений.

Аэродромные покрытия сооружаются на ВПП, РД, перронах, МС и площадках специального назначения, входящих в состав аэродромных сооружений.

Необходимость в аэродромных покрытиях, являющихся искусственными сооружениями на аэродромах, возникла в связи с увеличением массы самолетов и невозможностью восприятия создаваемых ими нагрузок грунтом, особенно в периоды его переувлажнения.

Аэродромные покрытия представляют собой сложные, материалоемкие и трудоемкие конструкции, занимающие 15-20% общей площади аэропорта и до 50% площади аэродрома. К ним предъявляются ряд технических и экономических требований, главными из которых являются:

- прочность, устойчивость и износостойкость конструкции; ровность и шероховатость поверхности, обеспечивающие надлежащие условия эксплуатации самолетов;
- водонепроницаемость;
- беспыльность, сопротивление агентам атмосферы;
- ремонтпригодность, возможность усиления конструкции при изменении условий эксплуатации;
- технологичность конструкции;
- экономичность строительства, ремонта и эксплуатационного содержания.

Вместе с совершенствованием проектирования аэродромных покрытий развивалась техника и технология их строительства, индустрия новых строительных материалов. Повышались требования к качеству применяемых в строительстве аэродромных сооружений строительных материалов и изделий готовой строительной продукции.

За последние годы существенно обновилась нормативная база проектирования и строительства аэродромов, возросли требования к контролю качества строительной продукции с использованием передовых методов и техники испытаний аэродромных покрытий. Значительно усовершенствованы технологии реконструкции аэродромных покрытий с применением новейших строительных материалов, машин и механизмов, передовых технологических процессов и методов организации строительных работ.

В этой книге авторы стремились изложить новейшие сведения по строительству аэродромных покрытий из цементобетона, накопленные ими в процессе их преподавательской деятельности в высших учебных заведениях и практики строительства и реконструкции аэродромов. Изложенные в книге информационные материалы могут быть использованы студентами по специальности "Автомобильные дороги и аэродромы" в учебном процессе, а также специалистами, работающими в области строительства и реконструкции аэродромов, в их производственной деятельности и с целью повышения квалификации.

# ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЯХ

## 1.1. Назначение аэродромных покрытий, требования к их устройству

С увеличением взлетной массы самолетов использование в качестве аэродромов земельных участков с грунтовой поверхностью для регулярной работы авиации стало практически невозможным. С увеличением влажности грунтов в периоды сезонных распутиц, а также длительного и интенсивного выпадения дождей их несущая способность резко снижается, что вызывает значительные перебои в полетах даже легких самолетов. Поэтому возникла необходимость в искусственных покрытиях аэродромов или их элементов, таких как взлетно-посадочные полосы (ВПП), рулежные дорожки (РД), перроны, места стоянки (МС) самолетов, площадки специального назначения. Устройство искусственных покрытий на аэродромах позволило решить главные задачи летной работы авиации: безопасность и регулярность полетов. Строительство искусственных покрытий на аэродромах шло в ногу с развитием авиации. Увеличение взлетной массы самолетов требовало соответствующего изменения конструкции искусственного покрытия. Развитие искусственных покрытий аэродромов (аэродромных покрытий) шло от упрощенных искусственных покрытий, представлявших собой грунты, укрепленные гранулометрическими добавками, вяжущими (цементом, битумом, известью), до современных аэродромных покрытий в виде сложных конструкций дорожного типа из различных строительных материалов (асфальтобетона, цементобетона, армобетона, железобетона, предварительно напряженного железобетона).

Согласно [22] аэродромные покрытия – это конструкции, воспринимающие нагрузки и воздействия от воздушных судов (ВС), природных и эксплуатационных факторов, включающих в себя:

- верхние слои (слой), именуемые в дальнейшем "покрытие", непосредственно воспринимающие нагрузки от колес воздушных судов, воздействия природных факторов (переменного температурно-влажностного режима, многократного замораживания и оттаивания, влияния солнечной радиации, ветровой эрозии), тепловые и механические воздействия газоздушных струй авиационных двигателей и механизмов, предназначенных для эксплуатации аэродрома, а также воздействие антигололедных химических средств;
- нижние слои (слой), именуемые в дальнейшем "искусственное основание", обеспечивающие совместно с покрытием передачу нагрузок на грунтовое основание, которые помимо несущей функции могут выполнять также дренирующие, противозаиливающие, термоизолирующие, противопучинные, гидроизолирующие функции.

Третьим конструктивным слоем можно условно считать естественное основание аэродромного покрытия (грунтовое основание). Оно представляет

собой спланированные и уплотненные местные или привозные грунты, предназначенные для восприятия нагрузок ВС, распределенных через конструкцию аэродромного покрытия.

Самолетные нагрузки вызывают сжимающие напряжения в грунтовом основании, распределяющиеся в его толще в пределах активной зоны. Толщина активной зоны для различных самолетных нагрузок колеблется в пределах от 2 до 6 м. Активная зона грунтового основания может охватывать как однородные по составу грунты, так и несколько слоев разных по типу грунтов, характеризующихся неодинаковыми физико-механическими характеристиками. В пределах активной зоны под действием сжимающих напряжений могут формироваться деформации грунтов – осадки и просадки.

Согласно терминологии ИКАО [7] аэродромное покрытие состоит из четырех конструктивных слоев: поверхностного слоя, основания, подстилающего слоя и грунтового основания.

Под поверхностным слоем понимают собственно покрытие, основание следует рассматривать как верхний слой прочных материалов искусственного основания (например щебня, обработанного вяжущим), подстилающий слой – это нижний слой (из менее прочных материалов) искусственного основания (дренирующий слой).

В некоторых случаях возможна и целесообразна укладка собственно покрытия на подстилающий слой без устройства основания.

В каждом конкретном случае необходимо уметь правильно подбирать материалы для конструктивных слоев аэродромного покрытия, обосновывать их взаимное расположение и конкретную толщину, а также оценивать физико-механические характеристики и свойства грунтового основания, необходимые меры по его мелиорации. Качественное выполнение всех этих мероприятий является залогом должной надежности, долговечности и работоспособности аэродромного покрытия.

Важнейшим условием надлежащей работоспособности и долговечности аэродромных покрытий является обеспечение надежного водоотвода с их поверхности и дренажа искусственного и естественного оснований. Для обеспечения стока атмосферных осадков с поверхности аэродромных покрытий, дренажа поверхностных и подземных вод покрытиям и дну их корыта придают поперечные и продольные уклоны, устраивают водоотводные (лотки в кромках покрытий, дождеприемные колодцы, коллекторы со смотровыми колодцами) и дренажные (дренирующий слой, закрывочные, экранирующие, глубинные дрены) системы (см. гл. 2).

Для сброса атмосферных вод с покрытий на грунтовые участки летного поля, а с них в водоотводные системы, и плавного перехода аэродромных покрытий к грунтовым участкам по контуру аэродромных покрытий на определенную нормами ширину устраивают искусственные покрытия переходной жесткости с более тонкими конструктивными слоями. Эти покрытия служат также защитой грунтовых обочин от воздействия на них газоздушных струй авиадвигателей.

Аэродромные покрытия являются трудоемкими, дорогостоящими и ответственными сооружениями. К ним предъявляют ряд технических и экономических требований, важнейшими из которых являются:

- прочность конструкции покрытия и стойкость его поверхности к износу;
- ровность и шероховатость поверхности покрытий;
- водонепроницаемость;
- беспыльность;
- стойкость к воздействию агентов атмосферы (перепады температур и влажности, солнечная радиация, атмосферные осадки, дефляция);
- устойчивость к воздействию газоздушных струй авиадвигателей;
- стойкость к химическому воздействию пролитых авиационных топлив и масел;
- долговечность;
- надежность;
- ремонтпригодность;
- пригодность к усилению покрытия в случаях изменения режима его эксплуатации;
- технологичность строительства, ремонта и содержания с минимальными затратами материалов, энергоресурсов, труда;
- экологичность строительства, ремонта и эксплуатации покрытия.

## 1.2. Физико-механические основы работы аэродромных покрытий

Прочность и деформативность аэродромных покрытий находятся в прямой зависимости от прочности и деформативности грунтов их естественных оснований. Физико-механические характеристики грунтов определяются их плотностью. С увеличением плотности грунта их прочность и несущая способность возрастает, а с увеличением влажности, наоборот, существенно снижается. Более плотные и менее влажные грунты дают меньшую осадку под нагрузкой, а более влажные и менее плотные – большую. Принципиальный характер кривых зависимости прочности грунтов ( $\sigma$ ) от влажности ( $W_{sat}$ ) показан на рис. 1.1.

Рис. 1.1. Изменение прочности грунта  $\sigma$  в зависимости от его влажности  $W_{sat}$  :  
1 – глина; 2 – песок

Влажность и прочность грунтов не остаются постоянными во времени. В зависимости от природно-климатических факторов они постоянно увлажняются и просыхают, замерзают и оттаивают, т.е. имеют водно-тепловой режим.

Под водно-тепловым режимом грунтов следует понимать периодическое изменение их температуры и влажности при воздействии радиационного и адвекционного тепла, испарения, транспирации, фазовых превращений воды, инфильтрации атмосферных осадков, увлажнения подземными водами. С изменением влажности изменяется и плотность грунта. В круглогодичном цикле можно выделить четыре взаимосвязанных периода закономерного изменения водно-теплового режима грунта (рис. 1.2).

Рис. 1.2. Закономерность сезонных изменений водно-теплового режима грунта в активной зоне естественного основания

Для всех четырех периодов характерно изменение влажности грунтов по глубине (рис.1.3).

Максимальное влагонасыщение естественных оснований аэродромных покрытий и грунтовых элементов аэродрома характерно для холодного периода года.

Природными факторами, влияющими на водно-тепловой режим грунтов аэродромов являются: климат, рельеф, инженерно-геологические и гидрогеологические условия местности, растительность. Все вышперечисленные факторы взаимосвязаны и комплексно влияют на водно-тепловой режим грунтов.

Климат особенно влияет на продолжительность периодов года, вызывая продолжительность или сокращение одних периодов за счет других. Так, в направлении с севера на юг сокращается время промерзания и накопления влаги и увеличивается период просыхания грунтов.

Накопление влаги в верхних слоях грунтовых оснований аэродромных покрытий и в зоне аэрации грунтовых элементов аэродрома начинается осенью (рис. 1.3).

Рис. 1.3. Типовые эпюры влажности по отношению к границе текучести в разные периоды года (цифры указывают период года)



С уменьшением температуры снижается дефицит влажности воздуха, а, следовательно, и испарение. Интенсивность выпадения атмосферных осадков в этот период года снижается, но при этом повышается их продолжительность. В таких условиях основным источником увлажнения грунтов аэродрома становятся атмосферные осадки и водяной пар. В отличие от периода летнего просыхания грунтов, когда тепловой поток в грунте направлен сверху вниз, осенью, при переходе среднесуточных температур через плюс 3 – плюс 5<sup>0</sup>С, происходит смена направления теплового потока в грунте на обратный. За конец первоначального накопления влаги принимают начало устойчивого промерзания грунта, что отвечает установлению температур воздуха ниже 5<sup>0</sup>С.

Зимнее влагонакопление в грунтах обуславливается перемещением воды в направлении теплового потока снизу вверх от более теплых областей к более холодным за счет миграции воды от уровня грунтовых вод. Когда фронт промерзания грунта достигает капиллярной каймы, интенсивность зимнего влагонакопления резко повышается. Гидравлическая связь капиллярной каймы с грунтовыми водами определяет быстрое накопление влаги, которая переместилась по капиллярам в зону промерзания грунта. Чем глубже погружается промерзание в капиллярную кайму, тем больше зимнее влагонакопление. Его объем зависит, главным образом, от климатических условий местности и метеорологических условий года. Вместе с накоплением влаги может происходить морозное пучение грунтов, сопровождающееся снижением их плотности. Максимальный объем пучения грунтов определяется объемом общего зимнего влагонакопления и связанного с ним морозного пучения грунта. На интенсивность зимнего влагонакопления влияют скорость миграции воды, зависящая от типа грунта, его плотности и условий притока влаги, в частности, от наличия грунтовых вод. Наиболее опасны пылеватые грунты, в которых большая поверхностная энергия сочетается со значительным сопротивлением воды в порах.

Скорость промерзания грунтов закономерно повышается с запада на восток, поэтому зимнее влагонакопление и пучение в западной части одного и того же района всегда больше, чем в восточной.

С приходом весны происходит смена направления теплового потока в грунте. В верхних его слоях устанавливается положительная температура. Наступает третий период – оттаивания и максимального влагонасыщения грунтов аэродрома. Вода, освобождающаяся при таянии ледяных включений в мерзлых грунтах, насыщает ранее разуплотненный в результате морозного пучения грунт, вследствие чего резко снижается его прочность и несущая способность. К запасам влаги, накапливающейся зимой, в процессе оттаивания частично добавляется влага атмосферных осадков и талого снега. При неглубоком залегании уровня грунтовых вод капиллярная вода может препятствовать инфильтрации влаги в нижележащие слои и, поэтому, содействовать переувлажнению оттаивающих грунтов, особенно при необеспеченном поверхностном стоке. Характеристикой переувлажнения грунтов можно считать мощность слоя со сниженной несущей способностью и продолжи-

тельностью периода ослабленного состояния грунтов активной зоны. С повышением температуры воздуха и грунта летом создаются благоприятные условия для испарения влаги. Наступает четвертый период просыхания грунтов. Теряя влагу, грунт постоянно восстанавливает свою плотность и несущую способность. В летний период важнейшим источником пополнения влаги в грунте являются атмосферные осадки. Их высокая интенсивность и большой дефицит влажности воздуха препятствуют переувлажнению грунтов. Снижение уровня грунтовых вод, происходящее летом, является причиной существенного снижения или прекращения питания грунтов капиллярными водами. Минимальная влажность грунтов летом обуславливает их максимальную плотность.

Отличие водно-теплового режима грунтов в разных географических районах обуславливает разные условия проектирования и строительства аэродромов. Эти условия отображены на карте дорожно-климатического районирования. За единицу дорожно-климатического районирования принята зона. Под зоной понимают часть земной поверхности (как правило в виде полосы), которая характеризуется определенным водно-тепловым режимом грунтов. Согласно этому районированию вся территория РФ разделена на четыре дорожно-климатические зоны (ДКЗ) (рис. 1.4). К ним относятся: I зона – зона вечной мерзлоты; II зона – зона избыточного увлажнения; III зона – зона переменного увлажнения; IV зона – зона постоянного увлажнения. К пятой зоне (засушливой) относятся территории Казахстана, Узбекистана, Таджикистана, Туркменистана, Киргизии.

Рис. 1.4. Схема деления территории СНГ на дорожно-климатические зоны

Дорожно-климатическое районирование позволяет оценить условия работы аэродромных покрытий согласно общим природным условиям и наметить основные принципиальные мероприятия по водоотводу и дренажу на аэродроме. Для проектирования и строительства аэродромов на конкрет-

ных участках местности эта информация необходима, но недостаточна. Следует иметь в виду, что влияние климата всегда преломляется через местные микрогеокомплексы, геоморфологические, геологические и гидрогеологические особенности местности. В связи с этим при оценке необходимых мероприятий по водоотводу и дренажу на аэродроме следует учитывать возможные типы местности по условиям увлажнения. Эти типы местности также учитываются при проектировании и строительстве аэродромных покрытий (табл. 1.1).

*Таблица 1.1. Типы местности по условиям увлажнения*

Тип местности по гидрогеологическим условиям	Характеристика типа местности
1 – сухая местность	Поверхностный сток обеспечен, подземные воды не оказывают существенного влияния на увлажнение верхней толщины грунтов естественного основания
2 – сырая местность	Поверхностный сток не обеспечен, подземные воды залегают ниже глубины промерзания грунтов; почвы с признаками поверхностного заболачивания; весной и осенью появляется застой воды на поверхности
3 – мокрая местность	Длительно стоящие (более 20 суток) поверхностные воды или подземные воды, залегающие выше глубины промерзания грунтов; почвы торфяные, оглеенные с признаками заболачивания

Типы местности определяют в процессе инженерно-геологических изысканий строительства аэродрома.

Деформации естественных оснований аэродромных покрытий в зависимости от воздействия на них тех или иных факторов подразделяются на два вида:

- деформации от нагрузок, воспринимаемых естественным основанием (осадка); деформации, не связанные с нагрузками (выпучивание, просадка, набухание, усадка).

Наиболее вредными для аэродромных покрытий являются неравномерные деформации оснований. Основными причинами возникновения неравномерных деформаций первого вида являются:

- неравномерная сжимаемость грунтов по условиям их залегания или уплотнения в пределах летных полос (ЛП), перронов, МС, РД;
- неравномерная влажность в пределах сжимаемой толщи грунтов естественного основания из-за просачивания воды сквозь швы, трещины, щели, материал покрытия;

- некачественное производство строительных работ при устройстве аэродромных покрытий, водоотводных и дренажных систем на ЛП, перронах, МС, РД.

Деформации второго вида могут возникать по причинам:

- замачивания просадочных грунтов в пределах элементов аэродрома с искусственными покрытиями;
- изменения водно-теплого режима вечномерзлых, пучинистых и набухающих грунтов;
- консолидации насыпных грунтов естественных оснований аэродромных покрытий в период их эксплуатации под влиянием природно-климатических факторов.

Для предотвращения деформаций естественных оснований аэродромных покрытий в процессе их проектирования предусматриваются соответствующие мероприятия, а в процессе строительства и эксплуатации аэродрома их качественная реализация.

Колесная нагрузка от самолетов и вертолетов является расчетной для аэродромных покрытий. Колесные нагрузки, действующие на покрытия, различают по следующим признакам действия:

- по направленности;
- по площади;
- по продолжительности;
- по характеру.

По направлению действия различают вертикальные и горизонтальные нагрузки; по площади действия – сосредоточенные и распределенные; по продолжительности действия – кратковременные и длительно действующие; по характеру действия – статические, динамические и многократно повторяющиеся.

Вертикальные нагрузки определяются массой ВС. Эти нагрузки передаются аэродромному покрытию посредством шасси, состоящих из основных и вспомогательных опор. Через основные опоры передается большая часть массы самолета (90 – 95 %). Современные самолеты с большой взлетной массой могут иметь две, три и более основных опор, которые бывают с одним, двумя, четырьмя и большим количеством колес, в то время как вспомогательные опоры – с одним или двумя колесами. Движущийся по аэродромному покрытию самолет кроме вертикальных создает и горизонтальную нагрузку, которая действует в плоскости контакта покрытия с колесом опоры самолета в направлении его движения. Горизонтальные нагрузки на покрытия возникают, например, при торможении ВС, их ударов при встрече колес с выступами плит аэродромных покрытий. Величина этой нагрузки на сухих цементобетонных покрытиях может достигать 70-90% вертикальной.

Сосредоточенность или распределенность самолетной нагрузки учитывается при расчетах аэродромных покрытий и в каждом расчетном случае рассматриваются как условные.

При движении ВС нагрузки на покрытие от их колес относят к коротко-временно действующим. Они воздействуют на покрытия с интервалами во времени на протяжении от сотых до десятых долей секунды в зависимости от скорости движения самолета. Поэтому такие нагрузки оказывают небольшое влияние на снижение работоспособности покрытия.

При стоянке самолета (на перроне, МС) покрытия подвержены воздействию длительно-действующих нагрузок на протяжении от нескольких десятков минут до нескольких часов, суток, недель, месяцев. В результате их воздействия в покрытии возникают деформации ползучести цементобетона, пластические деформации в материале искусственных и грунте естественных оснований, сопровождающиеся потерей ровности и разгерметизацией швов аэродромных покрытий.

По своему характеру длительно-действующая самолетная нагрузка является статической. Она действует на покрытие тогда, когда самолет находится в состоянии покоя и принимается основной исходной нагрузкой при расчете несущей способности покрытия.

Динамические самолетные нагрузки на покрытия возникают при ударе колес приземляющегося самолета о покрытие, его движении по неровной поверхности покрытия, при работающих двигателях на исполнительном старте.

Многokrратно повторяющиеся нагрузки – это нагрузки, прилагаемые к одному и тому же месту поверхности покрытия многократно.

Экспериментальные исследования показывают, что многократно прилагаемая нагрузка более опасно воздействует на покрытие, чем эквивалентная ей однократно прилагаемая нагрузка, действующая в течение времени, равном времени действия многократно прилагаемой нагрузки. Эти нагрузки вызывают усталость материалов слоев покрытия с последующим появлением в них микротрещин, сколов, разрушения структурных связей.

Факторы динамичности и многократной повторяемости при расчете аэродромных покрытий учитываются путем введения определенных поправочных коэффициентов к статической нагрузке.

Кроме колесных нагрузок от ВС на аэродромные покрытия воздействуют газоздушные струи авиадвигателей. Эти воздействия определяются одновременным давлением высокоскоростного газового потока и высокотемпературным нагревом. Вместе они вызывают струйную эрозию аэродромных покрытий, которая разрушительно воздействует на материал собственно покрытия, особенно на концевых участках ВПП во время доведения тяги двигателей до взлетной и площадках для запуска и опробования двигателей. При движении самолетов воздействие газоздушных струй на покрытие очень коротко-временно и практически не влияет на его прочность и устойчивость. Наиболее устойчивыми являются цементобетонные покрытия.

Весьма негативное воздействие на работоспособность и долговечность аэродромных покрытий оказывает непреднамеренно пролитое на их поверхность авиационное топливо. Такие случаи могут иметь место на МС хранения самолетов, перронах, предангарной площади. Наиболее вредное воздействие пролитые топлива оказывают на покрытия, сооружаемые с примени-

ем органических вяжущих. Однако, и на цементобетонные покрытия они также воздействуют негативно. По данным исследований их прочность может быть снижена до 30% от первоначальной.

Нормальная эксплуатация аэродромных покрытий зависит от правильного назначения расчетных нагрузок.

Покрытия аэродромов, включая слои искусственных оснований, надлежит рассчитывать по методу предельных состояний на многократное воздействие вертикальных нагрузок от воздушных судов как многослойные конструкции, лежащие на упругом основании.

Расчетными предельными состояниями цементобетонных покрытий являются:

- бетонных и армобетонных – предельное состояние по прочности;
- железобетонных с ненапрягаемой арматурой – предельные состояния по прочности, раскрытию трещин и давлению на грунтовое основание;
- железобетонных с напрягаемой арматурой – предельное состояние по образованию трещин и давлению на грунтовое основание.

При проектировании аэродромных покрытий применяют категорированные нормативные нагрузки, являющиеся статически обобщенными для аэродромов разных классов.

Допускается рассчитывать покрытия на воздействие нагрузок от ВС конкретного типа.

При расчете прочности покрытий воздействие нагрузок от различных типов ВС следует приводить к эквивалентному воздействию расчетной нагрузки. В качестве расчетного должно применяться ВС (категория нормативной нагрузки), оказывающее максимальное влияние на покрытие.

Данные о прочности покрытий аэродромов гражданской авиации следует представлять классификационными числами искусственных покрытий (PCN) в соответствии с ведомственными нормами и классификацией, установленной международной организацией авиации (ИКАО),

Покрытия аэродромов по степени воздействия ВС и несущей способности подразделяются на группы участков согласно рис.1.5.

Рис. 1.5. Схемы деления покрытий аэродрома на группы участков:

схема 1 – для аэродромов, на которых руление ВС осуществляется по магистральной РД; схема 2 – для аэродромов, на которых руление ВС осуществляется по ВПП

Группы участков:  
А – магистральные РД; магистральные пути руления на МС и перронах;

концевые участки ИВПП; средняя по ширине часть ИВПП, по которой осуществляется систематическое руление ВС; *Б* – участки ИВПП, запроектированной по схеме 1, примыкающие к концевым её участкам; краевые по ширине участки в средней части ИВПП, запроектированной по схеме 2; вспомогательные и соединительные РД, МС, перроны, кроме магистральных путей руления и другие аналогичные площадки для стоянки ВС; *В* – средняя часть ИВПП ( $V_{ВПП/2}$ ), запроектированной по схеме 1; *Г* – краевые по ширине участки в средней части ИВПП ( $V_{ВПП/4}$ ), запроектированной по схеме 1, за исключением примыкающих к соединительным РД; укрепляемые участки, примыкающие к торцам ИВПП, отмостки.

### 1.3. Классификация аэродромных покрытий

Аэродромные покрытия классифицируют по двум признакам:

- по характеру работы под нагрузкой от ВС;
- по капитальности (сроку службы и техническому совершенству).

По характеру работы под нагрузкой от ВС аэродромные покрытия определяются двумя типами – жесткие и нежесткие.

Жесткие покрытия способны воспринимать под нагрузкой растягивающие напряжения и работать на изгиб. Они состоят из отдельных примыкающих друг к другу прямоугольных плит, разделенных швами, работающими как плиты на упругом основании. Их деформации – упругие, прогибы невелики, а чаша прогибов, наоборот, значительна по размерам, благодаря чему такие плиты обладают большой распределяющей способностью, что объясняет небольшое давление плит на грунт. К жестким относятся покрытия из монолитного цементобетона, железо- и армобетона, предварительного напряженного железобетона, сборных предварительно напряженных железобетонных плит, а также асфальтобетонные покрытия на цементобетонном основании.

Независимо от вида жесткие покрытия бывают однослойными и двухслойными.

Следует иметь в виду, что армобетонным считается покрытие из цементобетона, армированного металлической сеткой, предназначенной для восприятия температурных напряжений. Железобетонным считается армированное цементобетонное покрытие, в котором необходимую площадь сечений арматуры определяют расчетом на прочность и ширину раскрытия трещины.

Все вышеперечисленные виды жестких неармированных и армированных бетонных покрытий (кроме асфальтобетонных на цементобетонном основании) нередко обобщенно называют цементобетонными по признаку цементобетонной поверхности собственно покрытия.

В настоящее время наибольшее распространение получили монолитные бетонные, армобетонные и железобетонные (без предварительного напряжения) покрытия, а также покрытия из сборных предварительно напряженных железобетонных плит.

Нежесткие покрытия в отличие от жестких при действии самолетной нагрузки плохо воспринимают растягивающие напряжения и, поэтому, не способны работать на изгиб. Они работают на сжатие и сдвиг. Из-за плохой распределительной способности небольшой "чаши прогиба" такие покрытия передают на грунт значительное давление. При переувлажнении естественного основания деформации покрытий и естественного основания носят пластический необратимый характер.

К покрытиям нежесткого типа относят покрытия из асфальтобетона; прочных каменных материалов подобранного состава, обработанных органическими вяжущими; из щебеночных и гравийных материалов, грунтов и местных материалов, обработанными неорганическими вяжущими; сборных металлических, пластмассовых или резиновых элементов.

Наиболее широкое применение в аэродромостроении получили асфальтобетонные нежесткие покрытия.

По степени технического совершенства и сроку службы аэродромные покрытия подразделяются на капитальные с жестким и асфальтобетонным покрытиями; облегченные (с нежестким покрытием, кроме покрытия из асфальтобетона).

По сроку службы на постоянных аэродромах жесткие капитальные покрытия рассчитывают на 20 лет, а нежесткие капитальные покрытия – на 10 лет. Облегченные нежесткие аэродромные покрытия рассчитывают на срок службы не менее 5 лет.

#### **1.4. Краткие сведения о развитии жестких аэродромных покрытий и методах их строительства**

Первые цементобетонные покрытия аэродромных сооружений в стране были построены из шестигранных плит толщиной 10-20 см в 1932-1933 гг.

В то время расчет аэродромных покрытий не производился. Их параметры назначались из соображения проходимости самолетов в период распутицы. Наибольшее распространение получили шестигранные плиты толщиной 14-16 см и размером стороны 1,25-1,5 м. Такие покрытия строились до 1941 г. Они вполне обеспечивали эксплуатацию всех типов самолетов довоенного поколения.

После окончания войны вплоть до 1951-1954 гг. покрытия этого типа усовершенствовались в направлении увеличения их толщины, которая, как и в предыдущие годы, назначалась конструктивно без прочностного расчета. Основные исследования, обобщающие теоретические разработки и практический опыт эксплуатации жестких покрытий аэродрома, нашли свое отражение в работах И. А. Медникова, Н. Н. Иванова, Л. И. Горецкого, В. М. Безрука, К. А. Князюка.

В 1954 г на авиалиниях Советского Союза появился самолет Ил-14, вмещавший 36 пассажиров. Для самолетов Ли-2, Ил-12, Ил-14 со взлетной массой 11,5, 17,25 и 17,5 т потребовались аэродромы с ВПП длиной 2 км. В это время на смену шестигранным цементобетонным плитам толщиной 12 см



пришли прямоугольные бетонные плиты размером 7x7, 4x5 м и др. толщиной 20 см и более.

В 1959 г поршневые пассажирские самолеты Ли-2, Ил-12, Ил-14 постепенно заменялись самолетами нового поколения Ту-104 с реактивными двигателями, Ил-18 и Ан-10, грузовыми самолетами Ан-12 с турбовинтовыми двигателями. Взлетная масса этих самолетов составляла уже от 56 до 76 т. Возникла необходимость в новых, более прочных конструкциях аэродромных покрытий. Это, в свою очередь, потребовало разработки новых методов прочностных расчетов покрытий и научного обоснования их конструкций.

Научные разработки в области строительной механики, механики грунтов и теории расчета плит, лежащих на упругом основании Фусса-Винклера, нагруженных силой, передающейся через прямоугольную площадку, расположенную в любом месте плиты, позволили Л.И. Манвелову и Э. С. Бортошевичу получить формулы для определения отношения максимальных моментов при любом краевом расположении нагрузки к случаю её центрального расположения. В теорию расчета плит на упругом основании значительный вклад внесли Б. Г. Коренев, И. А. Медников, Б. С. Раев-Богословский, И. Н. Толмачев и др. Следует также отметить работы А. С. Ткаченко по разработке конструирования покрытий из предварительного напряженного железобетона; Г. И. Глушкова – по конструированию армобетонных покрытий; И. И. Черкасова – по совершенствованию моделей грунтовых оснований; Л. И. Горецкого – по воздействию температуры на напряженное состояние плит жестких покрытий; Б. И. Демина – по устройству покрытий из предварительно напряженных сборных железобетонных плит (ПАГ), нашедших широкое применение в 60-х и особенно в 70-80 гг.

В 1962 г на наиболее протяженные воздушные линии поступил в эксплуатацию самолет Ту-114, взлетная масса которого равнялась 173,5 т. В 1965 г конструкторским бюро О. К. Антонова был создан грузовой самолет Ан-22 – "Антей", который мог перевозить грузы массой 88 т. Взлетная масса этого самолета составляла 250 т.

Для самолетов нового поколения потребовались новые аэродромы, располагающие ВПП длиной 3-3,5 км, развитой системой РД, большими площадями перронов и МС, площадками спецназначения.

В связи со значительным ростом самолетных нагрузок потребовались более мощные аэродромные покрытия, для обеспечения надежности, работоспособности и долговечности которых аэродромы оснащались водоотводными и дренажными системами.

Всё возрастающие объемы пассажирских и грузовых воздушных перевозок наряду с появлением широкофюзеляжных самолетов-аэробусов Ил-86, Ил-96, грузовых самолетов Ан-124, Ан-225 – "Мрия" (со взлетной массой 600 т) предопределили дальнейшее совершенствование гражданских и военных аэродромов. Возникла необходимость реконструкции аэродромов, связанная не только с усилением и увеличением размеров их элементов, но и с потребностью строительства параллельных ВПП для обеспечения необходимой пропускной способности аэропортов.

Разработки теории и практики строительства и эксплуатации аэродромов легли в основу практических методов расчета и конструирования аэродромных покрытий. Появились новые нормативные документы по проектированию аэродромов: в 1960 г – СН-120-60, в 1970 г – СН-120-70.

В связи с существенным изменением режимов эксплуатации аэродромных покрытий тяжелыми ВС, увеличением числа приложений самолетной нагрузки на аэродромные покрытия были проведены научные исследования по учету накопления остаточных деформаций в основаниях сборных предварительно напряженных аэродромных покрытий (Б. И. Демин, Б. Н. Смолка); по режимам эксплуатации покрытий современными и перспективными ВС (А. Я. Аполлонов, В. А. Елесин, В. А. Лавровский); по учету усталостных явлений в бетоне аэродромных покрытий и основаниях (Г. И. Глушков, А. П. Степушин, В. Д. Садовой); по повышению долговечности цементобетонных аэродромных покрытий (Н. В. Свиридов). По результатам проведенных научных работ теория расчета жестких покрытий была дополнена положениями, связанными с учетом повторности приложения нагрузки.

В результате исследований воздействия газоздушных струй двигателей самолетов на аэродромные покрытия были усовершенствованы нормативные требования по их расчету и планировке (В. Е. Тригопи, Е. Е. Шарашкин). Весомый вклад в развитие теории расчета аэродромных покрытий внесли А. П. Степушин (Вероятностно-статистические методы расчета прочности аэродромных покрытий); В. А. Сабуренкова (Принципы оптимального проектирования покрытий); В. Н. Иванов (Проектирование покрытий в условиях вечной мерзлоты); О. Н. Тоцкий (Методы расчета многослойных конструкций); А. П. Виноградов (Методы оценки качества и надежности аэродромных покрытий); В. Н. Бойко, С. А. Усачёв (Обоснование принципов проектирования покрытий на деградирующих мерзлотах, пучинистых и просадочных грунтах); В. А. Лавровский, А. Я. Аполлонов, В. А. Елесин (Метод оценки основных воздействий летательных аппаратов на жесткие аэродромные покрытия).

Результаты научных исследований, полученные в 70-90 гг. позволили существенно усовершенствовать нормы проектирования аэродромных покрытий. В 1981 г вышли в свет: СНиП II-47-80. Аэродромы; в 1985 г – СНиП 2.05.08-85. Аэродромы; В 1996 г СНиП 32-03-96. Аэродромы.

С вводом в эксплуатацию ВС с большой взлетной массой резко проявились признаки разрушения и старения аэродромных покрытий, их износа, снижения ровности их поверхности. Эти обстоятельства ограничивали использование новых самолетов и развитие международных перевозок с эксплуатацией таких самолетов как В-747, А-370 со взлетной массой 280-400 т. Наряду с потребностью дооборудования аэродромов для обеспечения безопасности и регулярности полетов, технического обслуживания отечественных и иностранных ВС, реконструкции зданий и сооружений СТТ для поддержания должного уровня обслуживания пассажиров, увеличения грузовых и почтовых перевозок, встал вопрос об усилении эксплуатируемых аэродромных покрытий. В результате устройства слоев усиления покрытия из од-

нослойных превращались в двухслойные. Возникла проблема разработки методики расчета двухслойных покрытий. Впервые эти методики появились в 50-60 гг. В дальнейшем они совершенствовались (Ф. Я. Зайцева, А. В. Михайлов, В. А. Лавровский, О. Н. Тоцкий, В. А. Кульчицкий). Их работы были внедрены в нормативные документы СН-120-60, СН-120-70, СНиП II-47-80, СНиП 2.05.08-85 и СНиП 32-03-96. Аэродромы.

В результате появились методы усиления покрытий цементобетоном или асфальтобетоном, внедрение которых в практику реконструкции аэродромов позволило увеличить несущую способность, срок службы и повысить работоспособность эксплуатируемых аэродромных покрытий.

С 1983 г ИКАО в практику эксплуатации аэродромов введен метод представления данных о воздействии ВС и прочности аэродромных покрытий, получивший название "ACN – PCN" (Aircraft Classification Number – Pavement Classification Number).

ACN и PCN представляют собой набор кодов, характеризующих, соответственно, действие главной опоры самолета на покрытие и несущую способность аэродромного покрытия. В результате сопоставления чисел классификационного числа покрытия (PCN), характеризующего несущую способность покрытия без ограничения интенсивности движения самолетов, и классификационного числа ВС (ACN), определяющего воздействие ВС на аэродромное покрытие при установленной стандартной прочности грунтового основания, определяют возможность пригодности покрытия для эксплуатации того или иного типа ВС.

Благодаря усилению аэродромных покрытий можно увеличить число PCN под расчетный тип самолета с установленным для него числом ACN.

По мере развития методов проектирования аэродромных покрытий совершенствовались и методы их строительства, реконструкции, ремонта и эксплуатации.

Если шестигранные плиты толщиной от 10 до 20 см укладывались вручную с применением средств малой механизации, то в 50-70-е годы на строительстве аэродромов появились отечественные бетоноукладочные машины, которые позволили полностью механизировать устройство бетонных покрытий. В результате стало возможным отказаться от шестигранных плит и перейти на плиты прямоугольной формы. С увеличением потребной площади аэродромных покрытий потребовалось создание бетонных заводов непрерывного действия с разной производительностью. Были созданы заводы-автоматы непрерывного действия с полной автоматизацией всех процессов приготовления бетонной смеси. В практике строительства дорог и аэродромов появились установки для приготовления и укладки бетона непосредственно в покрытие, включающие ходовую раму с приводом, на которой смонтированы механизмы приема, загрузки, выдачи, дозирования и смешения компонентов бетонной смеси, механизм укладки её с раздаточным бункером и ленточным транспортером-питателем, перемещающимся по рельсформам.

В практике зарубежного строительства нашли применение бетоноукладчики, состоящие из бетономешалки с неопрокидывающимся барабаном, смонтированные на гусеничном ходу. Цемент и каменные материалы доставляли к бетоноукладчику в дозированных количествах автосамосвалами. Бетоноукладчики перемещались в стороне от укладываемой полосы и распределяли смесь непосредственно на подготовленное основание ковшем, перемещающемся по стреле.

Следующим этапом в совершенствовании строительства автодорожных и аэродромных покрытий было использование комплекта машин, обеспечивающих комплексную механизацию работ по укладке покрытий. Все машины двигались вдоль строящейся полосы по рельс-формам, служащим одновременно и опалубкой для укладки бетона (рис. 1.6).

Рис. 1.6. Конструкция рельс-форм и приставной шпунтовой опалубки: *а* – при устройстве покрытий толщиной до 24 см; *б* – при устройстве покрытий толщиной более 24 см; 1 – штыри; 2 – рельс-формы; 3 – рельс; 4 – скобы для крепления приставной деревянной опалубки; 5 – приставная шпунтовая опалубка; 6 – деревянные брусья под рельс-формы

В дальнейшем был освоен выпуск профилировщика нового, усовершенствованного типа ДС-509 для профилирования стабилизированных оснований, а также песчаного основания и выравнивающего слоя под монолитные и сборные покрытия при строительстве дорог и аэродромов. Он входил вместе со шнековым распределителем бетонной смеси ДС-507 и бетоноотделочной машиной ДС-508 в комплект рельсовых машин для строительства цементобетонных покрытий.

В СССР при строительстве бетонных покрытий дорог и аэродромов широко использовались бетоноукладочные машины ДС-504 и ДС-504Б в

комплекте с профилировщиком основания ДС-502А(Б) и распределителем бетонной смеси ДС-503А(Б).

К концу семидесятых годов была создана новая бетоноотделочная рельсовая машина ДС-508, которая в комплекте с профилировщиком основания ДС-509 и распределителем бетонной смеси ДС-507 могла укладывать бетон по ширине полосы 7 и 7,5 м в основном на основаниях из стабилизированных грунтов.

Наиболее эффективными бетоноукладочными машинами оказались безрельсовые машины, перемещающиеся на гусеничном ходу. Такой бетоноукладчик выгодно отличался от рельсовых машин тем, что он был однопроходным и мог распределять, уплотнять и отделять бетон. Главное его преимущество состояло в том, что благодаря скользящим формам не требовалась установка и демонтаж рельс-форм. Одним из первых бетоноукладчиков на гусеничном ходу со скользящими формами был ДС-502. Появившийся позднее бетоноукладчик на гусеничном ходу со скользящими формами ДС-513 имел четыре рабочих органа: шнековый распределитель, два уплотняющих вибробруса и выглаживающий вибробрус с вибродоской. Заданный профиль ровности обеспечивался следящей электронной системой, автоматически выдерживающей заданные поперечные и продольные уклоны, а также направление движения бетоноукладчика. Он мог укладывать до 1000 м бетонного покрытия в смену.

Для прорезания швов в незатвердевшем бетоне использовалась машина ДС-377. Ложные швы в свежееуложенном бетоне устраивались с помощью эластичных прокладок нарезчиком ДНШС-60. Нарезчик входил в комплект бетоноукладочных машин и двигался в потоке вслед за бетоноукладчиком на расстоянии 5-10 м от него.

Для нарезки швов в затвердевшем бетоне с 1959 г использовался нарезчик ДС-506(Д-432), а с 1970 г – самоходный двухдисковый нарезчик ДС-510(Д-903). Его производительность составляла 110-120 м в смену.

Заполнение швов в покрытии местами производилось заливщиком швов ДС-501(Д-344), передвигающимся на трех колесах. Перед заливкой швы очищались щеткой ДС-378. Щетка выполнялась из металлического проволочного ворса.

Кроме мастик и паст для изоляции деформированных швов применялись готовые неопреновые прокладки. Их применение упрощало и ускоряло процесс заполнения швов, заключающийся в запрессовке прокладки в паз шва с помощью запрессовщика прокладок, снабженным электроударным молотком.

В начале 70-х годов для строительства дорожных и аэродромных покрытий из цементобетона нашел применение наиболее совершенный на то время комплект машин американского производства "Автогрейд", в который входили четыре типа машин.

Для подготовки земляного полотна от грунтового основания до отделки поверхности нижнего слоя основания применялся профилировщик-распределитель на гусеничном ходу TS-425. Для укладки и распределения

материала покрытия использовался укладчик-распределитель PST-300. Укладку цементобетона осуществлял бетоноукладчик на гусеничном ходу со скользящими формами BF-425. Окончательная отделка поверхности цементобетонного покрытия с созданием шероховатости и уход за бетоном производились бетоновыглаживающей машиной TFB-280 и финишером TS-280, распределявшем пленкообразующую жидкость. Машины комплекта "Автогрейд" полностью автоматизированы. Они работали с постоянным контролем от общей для всех операций копирной струны, установленной на условном нулевом уровне. Копирные струны служат указателем уровня и направления движения, исходными базами для установки и регулирования рабочих органов машин перед началом работы.

Позднее, в середине 70-х годов, отечественной промышленностью был освоен выпуск комплекта машин ДС-100 и ДС-110 типа "Автогрейд". В комплект ДС-100 входят профилировщик основания на гусеничном ходу ДС-97 распределитель цементобетонной смеси ДС-99 на гусеничном ходу, бетоноукладчик ДС-101 на гусеничном ходу со скользящими формами, бетоноотделочная машина (финишер) ДС-104 и распределитель пленкообразующих материалов ДС-105. Комплекты ДС-100 и ДС-110 работают с использованием копирной струны.

Швы в затвердевшем бетоне нарезались после достижения бетоном прочности 8-10 МПа нарезчиком швов ДС-903 (ДС-510), самоходными четырехдисковыми нарезчиками поперечных швов ДС-112 и трехдисковыми нарезчиками продольных швов ДС-115. Производительность нарезки 130-160 м/смену. Заливка швов осуществлялась самоходными заливщиками ДС-67 или ДС-128.

Комплекты этих машин использовались в 80-90-х годах и продолжают использоваться до настоящего времени при строительстве автомобильных дорог и аэродромных сооружений с цементобетонными покрытиями.

### **1.5. Общая характеристика и основные принципы конструирования жестких аэродромных покрытий**

Цементобетонные покрытия аэродромов применяют в аэропортах с высокой интенсивностью движения самолетов, особенно с большой взлетной массой. Несмотря на то, что цементобетонные покрытия гораздо дороже асфальтобетонных, их срок службы и эксплуатационные качества выше, чем у асфальтобетонных покрытий, а расходы на содержание меньше. При рациональном конструировании цементобетонных аэродромных покрытий достигаются их потребные прочность, долговечность и эксплуатационные качества. При качественном их строительстве с применением современных средств механизации и материалов, правильном техническом содержании и уходе срок службы цементобетонных аэродромных покрытий достигает 20 лет для бетонных и 40 лет железобетонных покрытий [20].

Вместе с тем жесткие цементобетонные аэродромные покрытия имеют ряд недостатков, к которым можно отнести: низкую сопротивляемость це-

ментобетона растягивающим напряжениям в связи с его хрупкостью, что обуславливает его невысокую трещиностойкость при изменении температуры и влажности, воздействии изгибающих усилий; необходимость устройства деформационных швов в целях снижения температурно-усадочных напряжений и предотвращения беспорядочного самопроизвольного растрескивания, что, однако, повышает водопроницаемость покрытий, снижает их ровность, способствует появлению концентраторов напряжений в материале покрытий от самолетных нагрузок в зоне швов; обуславливает значительный расход материалов высокомарочного цемента, стальной арматуры и герметиков, относительно длительный срок строительства цементобетонных покрытий.

Жесткие цементобетонные аэродромные покрытия в результате устройства в них деформационных швов образуются из отдельных, преимущественно прямоугольных, в плане плит. Они могут выполняться одно- и двухслойными.

Строительство цементобетонных покрытий осуществляется с использованием комплексной механизации работ комплектами машин с использованием рельс-форм или безрельсовыми гусеничными комплектами со скользящими опалубочными формами и копирными струнами или по бескопирной технологии.

Толщина укладываемой бетонной смеси (приготавливаемой на стационарных или передвижных бетонных заводах) определяется расчетом конструктивных слоев аэродромных покрытий на требуемую нагрузку. Толщина, однако, ограничивается нормативными минимальными значениями, установленными с учетом конструктивно-технологических особенностей и условий работы покрытий:

- |  |       |
|--|-------|
| - для бетонных, армо- и железобетонных   | 16 см |
| - предварительно напряженных железобетонных  | 14 см |
| - предварительно напряженных железобетонных с двухсторонним обжатием при укладке поперечной напрягаемой арматуры в каналах | 16 см |

Максимальная толщина конструктивных слоев монолитных цементобетонных покрытий принимается с учетом технических возможностей бетоноукладочных машин: для машин с рельс-формами – 30 см; для безрельсовых гусеничных машин со скользящими формами – 40-50 см.

Для сборных покрытий толщина плит не устанавливается, а зависит от грузоподъемности монтажных кранов и транспортных средств.

Если расчетная толщина однослойного покрытия оказывается больше максимальной, то переходят к проектированию двухслойного покрытия, которые можно укладывать методом наращивания по разделительной прослойке или сращивания разнопрочных слоев бетона без разделительной прослойки с совпадающими в плане деформационными швами [16].

Между плитами цементобетонных (однослойных и двухслойных) покрытий и искусственными основаниями следует укладывать разделительную прослойку (полимерные пленки, битумизированная бумага и др.). Такая про-

слойка способствует формированию гладкой поверхности контакта между плитами, снижающей трение между ними. Она способствует также водонепроницаемости покрытия.

Искусственные основания цементобетонных покрытий изготавливают из средне- и крупнозернистых песков, песчано-гравийных смесей гравия, щебня. Нередко такие материалы подвергают обработке минеральными или органическими вяжущими, что способствует повышению прочности и долговечности покрытий. Широко используют песко- и грунтоцементные основания с расходом цемента марки 300 (250 кг на 1 м<sup>3</sup> материала). Толщина таких оснований принимается от 15 до 25 см. Отметим, что такие основания целесообразно применять в V ДКЗ с I типом гидрогеологических условий строительства.

В других ДКЗ в качестве материала искусственных оснований следует принимать крупно обломочные горные породы (дресва, щебень) с высокой дренирующей способностью и коэффициентом фильтрации  $10-20 \cdot 10^3$  м/сут. Рекомендованные СНиП пески средней крупности с коэффициентом фильтрации не менее 7 м/сут для дренирующих слоев аэродромных покрытий не годятся, т. к. время осушения дренирующих слоев превысит рекомендованные значения (4 ч), что будет существенно снижать срок службы покрытия [14].

Перед укладкой цементобетона на искусственное основание из дресвы или щебня отсыпают выравнивающий слой из гравелистого или крупнозернистого песка толщиной 3-5 см. Такие же слои следует отсыпать и при устройстве аэродромных покрытий из сборных предварительно напряженных железобетонных плит на щебеночных искусственных основаниях. Если в качестве искусственного основания для сборных покрытий служат слои из щебня, гравия обработанных вяжущими, то выравнивающий слой делают из пескоцементной сухой смеси (естественной влажности) толщиной на 1-2 см превышающей выступы на поверхности искусственного основания.

В определенных случаях в искусственных основаниях устраивают противозаиливающие паро- и гидроизоляционные прослойки. Толщину (мощность) дренирующих слоев (искусственных оснований) аэродромных покрытий определяют расчетом [24], но согласно действующим СНиП она не должна быть меньше значений, указанных в табл. 1.2 [22].

На рис. 1.7 представлены примеры конструкций жестких цементобетонных аэродромных покрытий, а в табл. 1.3 рекомендуемая область применения различных их видов.

С целью снижения внутренних напряжений и предотвращения беспорядочного трещинообразования в цементобетонных покрытиях и основаниях предусматривают устройство деформационных швов

Деформационные швы в аэродромных покрытиях должны удовлетворять следующим условиям:

- обеспечивать возможность свободных горизонтальных перемещений плит относительно друг друга;



- не допускать проникновения воды, песка, пыли и мелких камней, обломков бетона в швы покрытий.

*Таблица 1.2. Максимальная толщина дренирующего слоя аэродромных покрытий*

Группы естественного основания	Минимальная толщина дренирующего слоя для дорожно-климатических зон, см			
	I	II	III	IV
Глина, суглинок	35	30/35	20/25	15
Суглинок и супесь пылеватые	50	40/50	30/35	15/20

**Примечание.** Толщину слоя, указанную перед чертой, следует принимать для районов, расположенных в южной части ДКЗ, за чертой – в северной части.

Рис. 1.7. Примеры конструкций жестких покрытий [2]: а, б, в – однослойные покрытия; г, д – двухслойные

покрытия; 1 – бетон; 2 – разделительная прослойка; 3 – грунтоцемент; 4 – подстилающий грунт; 5 – армобетон; 6 – пескоцемент; 7 – дренирующий песчаный слой; 8 – сборные предварительно напряженные железобетонные плиты; 9 – выравнивающий слой из пескоцементной смеси; 10 – щебень; 11 – противозаиливающая песчаная прослойка; 12 – малопрочный бетон; 13 – выравнивающий песчаный слой; 14 – гравий

По направлению размещения на поверхности аэродромного покрытия различают продольные и поперечные швы. Направления продольных швов совпадают с направлением укладки бетона в покрытие бетоноукладчиком. Поперечные швы перпендикулярны продольным.

По назначению швы в аэродромных покрытиях разделяют на швы сжатия и расширения. Швы сжатия предусматривают для обеспечения возможности плитам сокращать свои размеры при понижении температуры, усадке бетона. Как правило, ширина этих швов не превышает 1-2 мм. Эти швы формируются при бетонировании покрытий рельс-формами или скользящими формами в результате ограничения ширины полос плит захватом бетоноукладчика. Они образуются в местах примыкания соседних полос бетонированных и уже забетонированных плит, боковая поверхность которых покрыта

тонким слоем смазки (горячего или разжиженного бензином битума). Поскольку такие швы возникают в процессе технологии бетонирования покрытий их называют технологическими швами.

Таблица 1.3. Рекомендуемая область применения различных видов цементобетонных аэродромных покрытий

Виды покрытия	Категории нормативных самолетных нагрузок							Весовая категория вертолетов		
	В/К	I	II	III	IV	V	VI	тяжелая	средняя	легкая
Монолитные однослойные бетонные и армобетонные покрытия из высокопрочного бетона <i>B<sub>ctb</sub></i> 4,4 и выше толщиной 35-40 см <sup>1</sup>	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Монолитные однослойные бетонные покрытия класса прочности не ниже <i>B<sub>ввв</sub></i> 4,0: <ul style="list-style-type: none"> <li>• железобетонные<sup>2</sup>;</li> <li>• армобетонные;</li> <li>• бетонные;</li> <li>• пескобетонные</li> </ul>	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Сборные из предварительно напряженных железобетонных плит на искусственных основаниях: <ul style="list-style-type: none"> <li>• из материалов, обработанных вяжущими<sup>3</sup>:            плиты ПАГ-14            плиты ПАГ-18            плиты ПАГ-20            плиты ПАП-26а</li> <li>• песчаных, песчаногравийных, щебеночных<sup>4</sup>:            плиты ПАГ-14</li> </ul>	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-
	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-

Продолжение табл. 1.3.

--	--

Виды покрытия	Категории нормативных самолетных нагрузок							Весовая категория вертолетов		
	В/К	I	II	III	IV	V	VI	тяжелая	средняя	легкая
Монолитные двухслойные с верхним бетонным или армобетонным слоем из бетона (пескобетон) класса прочности $B_{wt} 4,0$ <sup>5</sup> :										
• с нижним слоем из бетона класса $B_{wt} 2,8-3,6$	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
• с нижним слоем из тощего бетона, пескобетона, шлакобетона	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-

Примечания: 1. Знак "+" означает целесообразность, а знак "-" – нецелесообразность применения данного вида покрытия.

2. Рекомендуются взамен двухслойных покрытий из бетона обычной прочности.
3. Рекомендуются взамен двухслойных покрытий.
4. Рекомендуются для районов с коротким строительным сезоном.
5. Рекомендуются для районов с коротким строительным сезоном, но при наличии грунтовых оснований с коэффициентом постели  $80 \text{ Мн/м}^3$ .

Швы расширения, наоборот, дают возможность плитам увеличивать свои размеры при повышении температуры цементобетона при действии солнечной инсоляции. Ширина швов расширения обычно составляет 20-25 мм.

Для образования швов сжатия используют т. н. ложные швы. В местах, где требуется образовать шов сжатия на поверхности покрытия делается пропи́л на глубину не менее четверти толщины плиты для ослабления её сечения. В дальнейшем, при понижении температуры бетона в ослабленном месте образуется сквозная трещина в плите, выполняющая роль шва сжатия.

Швами сжатия могут быть как продольные, так и поперечные швы, а швами расширения – швы, устраиваемые перпендикулярно продольным швам покрытия.

Швы расширения устраивают в местах примыкания одних аэродромных сооружений к другим, т. е. РД к РД, РД к ВПП, перрону или МС. Их также устраивают в местах изменения толщины примыкающих друг к другу участков покрытий, например, на ВПП. В местах вынужденного перерыва работ при бетонировании покрытия устраивают т. н. рабочие швы.

Для герметизации деформационных швов применяют специально предназначенные для их заполнения материалы – герметики. Они должны быть температуроустойчивыми и эластичными, иметь прочное сцепление с бетоном, быть устойчивыми в шве при эксплуатации покрытий (не выдавливаться и не выдуться из швов, восстанавливать свое положение в шве после перемещений плит).

Обычно в качестве герметиков используют различные герметизирующие материалы (мастики) на основе резинобитумных, полимерно-битумных составов, тиоколовые и силиконовые герметики, а также двухкомпонентные герметики на основе полиуретанов и полисульфидов.

Расстояния между швами в цементобетонных покрытиях зависят от многих факторов:

- температуры воздуха при укладке бетонной смеси и в период эксплуатации аэродрома;
- величины коэффициента температурного расширения бетона;
- сопротивления сдвигу плиты по основанию;
- величины расширения и сжатия, вызываемых изменением влажности бетона;
- степени армирования покрытия;
- сжимаемости заполнения швов.

Для обеспечения возможности передачи самолетных нагрузок с одной плиты на другую и укрепления ослабленных швами краевых участков плит в швах между плитами в процессе их бетонирования устраивают специальные стыковые соединения в виде бетонного шпунта в продольных (технологических) швах сжатия, прямых стальных штырей и балочных двутавровых элементов в ложных швах сжатия. В некоторых случаях, когда выполнение стыковых соединений между плитами не предусматривается (однослойные покрытия на пучистых грунтах) или невозможно (бетонный шпунт в однослойных покрытиях толщиной менее 24 см) ослабленные швами участки плит усиливают дополнительным армированием или установкой бетонных подшовных плит. Принципиальные схемы устройства деформационных швов в монолитных цементобетонных покрытиях представлены на рис. 6.9.

Во всех случаях при проектировании аэродромных покрытий следует стремиться к минимальному количеству в них деформационных швов, которые, с одной стороны, усложняют устройство аэродромных покрытий, а с другой – ухудшают их эксплуатационные качества, усложняют их содержание в процессе эксплуатации во времени.

К конструкциям современных жестких аэродромных покрытий можно условно отнести относительно новый их вид – усиленные покрытия, когда требуемые несущие способности и ровность достигаются за счет наращивания их верхних слоев цемента- или асфальтобетоном.

По сравнению с зарубежным опытом усиления аэродромных покрытий асфальтобетоном в РФ усиление реконструируемых аэродромных покрытий выполнялось в большинстве случаев цементобетоном [16].

Усиление аэродромных покрытий производят с целью повышения их несущей способности и ликвидации имеющихся дефектов для обеспечения надлежащих работоспособности и продления срока службы.

Для усиления аэродромных покрытий цементобетоном применяются два метода: сращивания и наращивания (бетоном, армобетоном, предвари-

тельно напряженным монолитным железобетоном, сборными преднапряженными железобетонными плитами).

Сращивание слоев предполагает полную связь поверхности существующего покрытия с наращиваемым (новым) слоем так, чтобы в результате покрытие бы работало монолитно. Условием этого является полное совмещение швов слоя усиления и нижележащего (усиляемого) слоя. Отметим, что метод сращивания как правило не применяется. Это обусловлено, с одной стороны, большой трудоемкостью совмещения швов, а с другой – опасностью появления отраженных трещин в слое усиления при дальнейшей эксплуатации покрытия. Поэтому в РФ и за рубежом при усилении аэродромных цементобетонных покрытий используется метод наращивания слоя усиления по разделительным прослойкам с армированием слоя усиления над швами старого покрытия и над четырьмя углами плит существующего покрытия. Этот метод усиления получил название "железобетон с рациональным армированием". Усиление аэродромных покрытий монолитным цементобетоном более трудоемкое и дорогостоящее по сравнению усилением асфальтобетоном, но стоимость эксплуатации таких покрытий оказывается меньшей [16].

Применение в слое усиления высокопрочного бетона снижает развитие таких дефектов как шелушение бетона, выкрашивание поверхности плиты, что способствует повышению долговечности покрытия. При использовании для усиления аэродромных покрытий высокопрочного бетона можно использовать методы сращивания и наращивания. В качестве возможного метода усиления в [16] описываются способы усиления и восстановления аэродромных покрытий укладкой тонких слоев мелкозернистого цементобетона (1-8 см) по коллоидноцементному клею. Получение такого материала основано на измельчении смеси цемента и песка, добавки в него пластификаторов и ускорителей твердения с применением виброактивации, а уплотнение этого материала производится методом двухчастотного виброштампования. Слой такого материала укладывается по методу сращивания с совмещением швов.

Наиболее широкое распространение в РФ получил метод усиления покрытий посредством укладки верхнего слоя из сборных плит по разделительной прослойке между новым и старым слоем. Особенно интенсивно этот метод применяется в США. Он позволяет продлить срок службы усиляемого цементобетонного покрытия на 15-20 лет.

Для предотвращения проявления отраженных трещин в наращиваемом слое между старым цементобетоном и слоем усиления устраивается прослойка крупнозернистой структуры, которая также служит дренирующим слоем.

## **ГЛАВА 2. СТРОИТЕЛЬСТВО ВОДООТВОДНЫХ И ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ ЖЕСТКИХ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ**

### **2.1. Назначение водоотводных и дренажных систем аэродромных покрытий**

Водоотводные и дренажные системы жестких аэродромных покрытий предназначаются для сбора и отвода поверхностных вод, понижения уровня подземных вод, перехвата поверхностных и подземных вод.

Эффективная работа водоотводных и дренажных систем аэродромных покрытий способствует, с одной стороны, достижению требуемого уровня безопасности и регулярности полетов, а с другой – обеспечению работоспособности, долговечности и надежности аэродромных покрытий.

К искусственным покрытиям поверхности аэродрома примыкают грунтовые поверхности. К их элементам относятся грунтовые обочины, концевые полосы торможения, примыкаемые к ВПП, спланированные участки летной полосы (ЛП) и неспланированные участки ЛП, находящиеся в их пределах, участки грунтовой поверхности, примыкающие к обочинам перронов, мест стоянки воздушных судов и площадок специального назначения. Поддержание надлежащей эксплуатационной готовности грунтовых участков аэродрома обеспечивается быстрым и надежным отводом поверхностных вод и поддержанием допустимого уровня подземных вод в пределах их территории.

Водоотводные и дренажные системы аэродромов включают в себя собирающие, соединительные, транспортирующие и накопительные (принимающие воду элементы (табл. 2.1).

Часть этих элементов могут совмещать собирающие и транспортирующие функции, например, лотки в кромках покрытий, грунтовые лотки, нагорные канавы и валики, горизонтальные дрены, ловчие канавы, трубофилтры и др.

По расположению относительно поверхности земли элементы водоотводных и дренажных систем могут быть открытыми и закрытыми (табл. 2.2).

Собирающие элементы предназначены для сбора поверхностных и подземных вод. Транспортирующие элементы служат для отвода воды в направлении её стока в естественные (реки, озера, ручьи) и искусственные (накопительные и испарительные бассейны) водоприемники.

Разумеется, что сброс поверхностных вод в естественные водоприемники возможен только при их соответствующей требованиям природоохранных органов предварительной очистки.

Накопительные элементы устраиваются для сброса в них поверхностных и дренажных вод из водоотводных и дренажных систем аэродромов, а также для регулирования стока поверхностных вод и их испарения.

Соединительные элементы предназначены для соединения собирающих,

транспортирующих и накопительных элементов в водоотводные и дренажные системы аэродромов. Смотровые колодцы, устраиваемые на собирателях и коллекторах, используют для эксплуатационного ухода и ремонта транспортирующих и собирающих элементов водоотводных и дренажных систем.

Таблица 2.1. Элементы водоотводных и дренажных систем

Тип элементов	Система	
	водоотводная	дренажная
Собирающие	Лотки в кромках покрытий, осушители, нагорные каналы, полулотки, нагорные валики	Дрены: закомочные; экраннующие; ловчие; глубинные; горизонтальные; вертикальные; комбинированные; дренажный слой жестких покрытий; трубофильтры
Соединительные	Дождеприемные колодцы и воронки, тальвежные перепадные, смотровые колодцы, фасонные камни, входные и выходные оголовки, трубы в насыпях	Смотровые колодцы, фасонные камни
Трансформирующие	Водоотводные каналы, трубы в насыпях, перепуски, коллекторы, собиратели, быстротоки и перепады	Собиратели, коллекторы, трубофильтры
Наполнительные	Накопительные, регулирующие и испарительные бассейны	Накопительные бассейны, поглощающие колодцы

Надежная работа водоотводных и дренажных систем аэродромов определяется качеством их изысканий, проектирования, строительства, эксплуатации. Повышение надежности водоотводных и дренажных систем обеспечивается следующими условиями:

на стадии изысканий – достоверностью климатических, инженерно-геологических, гидрогеологических, гидрологических, геоморфологических, топографических данных;

на стадии проектирования – применением новейших достижений науки и техники в области строительных конструкций и материалов, выбором наиболее эффективной защиты конструктивных элементов от неблагоприятных воздей-

ствий природных и эксплуатационных факторов;  
 в процессе строительства – использованием новейших технологий и качественных строительных материалов, применением прогрессивных методов строительства и эффективного контроля качества технологических операций;  
 в период эксплуатации – обеспечением заданных условий и режимов работы водоотводных и дренажных систем, своевременным проведением профилактических работ по текущему содержанию и контролю их функционирования, предупреждающих возникновения отказов.

**Таблица 2.2. Открытые и закрытые элементы водоотводных и дренажных систем аэродромов**

Система	Элементы систем	
	открытая	Закрытая
Водоотводная	Лотки в кромках покрытий, грунтовые лотки, осушители, нагорные и водоотводные канавы, нагорные валики, полулотки	Лотки в кромках покрытий, смотровые и перепадные колодцы, фасонные камни, трубы в насыпях, перепуски, коллекторы, собиратели
Дренажная	Смотровые и поглощающие колодцы, накопительные бассейны	Дрены: закрываемые, экраннующие ловчие, глубокие, горизонтальные, вертикальные, комбинированные, дренажный слой жестких покрытий, трубофильтры, фасонные камни, собиратели, коллекторы

## **2.2. Принципиальные схемы водоотводных и дренажных систем аэродромов**

Водоотводные системы аэродромных покрытий предусматривают на участках местности, сложенных глинами, суглинками и пылеватыми грунтами, обладающими низкой фильтрационной способностью и водопрочностью с большим количеством осадков с учетом типа местности по условиям увлажнения [2]. На участках, сложенных хорошо фильтрующими грунтами, а также в засушливых районах с малым количеством осадков водоотводные системы предусмат-



ривают выборочно, по мере надобности.

В зависимости от местных климатических, инженерно-геологических и технических условий применяют следующие принципиальные схемы устройства водоотвода и дренажа жестких аэродромных покрытий (рис.2.1).

Устройство водоотводных систем аэродромных покрытий предусматривают на участках аэродромов, сложенных глинистыми грунтами, а также грунтами с низкой водопрочностью, склонных к размыву. Их следует предусматривать и в районах с большим количеством атмосферных осадков с учетом типа местности по гидрогеологическим условиям.

Рис. 2.1. Схемы водоотводных и дренажных систем аэродромных покрытий:  
1 – грунтовой лоток; 2 – тальвежный колодец; 3 – перепуск; 4 – смотровой колодец; 5 – коллектор; 6 – отмостка; 7 – закрываемая дрена; 8 – дождеприемный колодец; 9 – аэродромное покрытие; 10 – грунтовая обочина; 11 – дренажный слой (искусственное основание); 12 – дрена-осушитель; 13 – недренирующее искусственное основание

На участках, сложенных хорошо фильтрующими грунтами (пески средней крупности, крупнозернистые и гравелистые пески, гравий, дресва, галька), а также в пятой (V) дорожно-климатической зоне (ДКЗ) водоотводные системы не устраиваются или устраиваются выборочно (по потребности).

Дренажные системы устраивают на участках аэродрома с высоким уровнем грунтовых вод и верховодки обычно при втором и третьем типе местности по гидрологическим условиям с целью снижения их уровня до требуемой глу-

бины.

Схемы и конструктивные решения водоотводных и дренажных систем аэродромных покрытий следует принимать в зависимости от: ДКЗ расположения аэродрома; типа местности по гидрологическим условиям; вида, свойств и состояния грунтов; топографических и других местных условий в соответствии с требованиями СНиП.

Схему I (рис. 2.1) принимают во второй и третьей ДКЗ для ВПП с шириной склона 30 м и более; перронов, МС и площадок специального назначения с шириной склона 40 м и более, устраиваемых на глинистых и пылеватых грунтах, склонных к набуханию и пучению.

Схему II применяют во II и III ДКЗ на местности, сложенной песчаными грунтами, а также в IV и V ДКЗ в случае устройства покрытий на глинистых грунтах.

При устройстве покрытий из сборных железобетонных плит схему II применяют во всех случаях.

Если естественным основанием аэродромных покрытий являются глинистые или пылеватые грунты, то во всех случаях в качестве искусственного основания жестких аэродромных покрытий следует предусматривать дренирующий слой с закомочными дренами.

Схему III следует применять во II и III ДКЗ, в которых естественные основания сложены песками (кроме пылеватых и мелких) и другими непучистыми хорошо фильтрующими грунтами при отсутствии условий их размывания; в IV и V ДКЗ с малым количеством атмосферных осадков при всех типах грунтов естественного основания, кроме просадочных, набухающих, неводопрочных.

Во всех случаях необходимо обеспечивать перехват и отвод поверхностных и подземных вод, поступающих со смежных с покрытием территорий аэродрома и со стороны.

Глубина укладки труб (расстояние от поверхности грунта до шельги) водоотводной и дренажной систем устанавливается на основе их расчета на прочность от воздействия эксплуатационных нагрузок.

Глубину укладки труб коллекторов надлежит принимать не менее глубины промерзания грунтов при свободной от снега дневной поверхности.

В районах с глубиной промерзания грунтов свыше 1,5 м глубина укладки труб коллектора и их теплоизоляция определяются проектом.

Для защиты территории аэродрома (в том числе и в процессе его строительства) при подъеме уровня воды в близлежащих водоемах (водотоках) следует устраивать ограждающие дамбы высотой не менее чем на 0,5 м превышающей уровень высокой воды с учетом высоты волны и набега её на откос дамбы.

### **2.3. Подготовительные работы**

Строительство водоотводных и дренажных систем аэродромных покрытий включает в себя подготовительные и основные работы.

В состав подготовительных работ входят: разбивка водоотводной и дренажной системы аэродромных покрытий на участке местности размещения аэродрома; расчистка и планировка участков местности (согласно разбивке) для размещения трасс водоотводной и дренажной системы (трассоподготовительные работы); устройство защитных сооружений по предотвращению затопления и подтопления территории строительства элементов водоотвода и дренажа; трассировка и устройство временных дорог и площадок раскладки строительных изделий и материалов; доставка к стройплощадке аэродрома, развозка и раскладка строительных изделий и материалов по трассам.

К основным работам относятся: рытье траншей, канав и котлованов с креплением их стенок и планировкой их дна; устройство оснований под трубы, колодцы, испарительные и накопительные бассейны, устьевые сооружения; укладка труб коллекторов, перепусков, собирателей, осушителей, дренажей, трубофильтров; сооружение дождеприемных, тальвежных, смотровых колодцев, устьевых сооружений; установка фасонных камней; заделка стыков труб; гидроизоляция колодцев и устьевых сооружений; устройство дренажей. К основным работам относятся также проверка уложенных труб коллекторов и собирателей на водонепроницаемость; разборка креплений траншей и котлованов, обратная засыпка грунта с его послойным уплотнением.

Разбивка трасс водоотводной и дренажной систем аэродрома является выносом на местность их проекта с учетом вынесенных ранее осей и границ аэродромных сооружений (ВПП, РД, МС, перронов и площадок спецназначения). Этой разбивкой предусматривается перенос в натуру всех характерных точек и размеров трасс коллекторов, собирателей и сооружений на них. При этом начало, углы поворота, конец трасс коллекторов, центры смотровых колодцев на них, начало, повороты, устья трасс собирателей, осушителей, дренажей, а также центров смотровых колодцев, фасонных камней закрепляют специальными знаками и забивкой кольев. Ими же обозначают ширину траншей поверху. Знаки, обозначающие начало и конец трассы, устанавливают на расстоянии 10 м от них. Повороты трассы фиксируют двумя знаками. Их устанавливают по одному на продолжении оси каждого прямолинейного участка в 10 м от вершины угла.

Разбивку трасс водоотводных и дренажных систем ведут последовательно от их устьев к началу, руководствуясь проектными разбивочными планами и продольными профилями.

Трассоподготовительные работы производятся с целью наиболее эффективного использования машин и механизмов при рытье траншей и укладке дренажей. Для этого по направлению трассы на полосе шириной не менее 10 м производится удаление деревьев, кустарника, крупных камней, пней с помощью бульдозеров, кусторезов, корчевателей. После этого производится срезка расти-

тельного грунта (почвы) и планировка поверхности в пределах означенной полосы с засыпкой ям, канав, мелких депрессий, срезкой неровностей рельефа в виде кочек, бугров, куч мелких камней и др. неровностей. После очистки и планировки трасс водоотводной и дренажной системы необходимо полностью возобновить все запрещающие знаки и колья, установленные при их разбивке.

Для предотвращения затопления территории на участках строительства аэродрома примыкающими к ним водоемами и водотоками в период весенних паводков предусматривается отсыпка земляных ограждающих дамб на 0,5 м выше паводкового уровня воды с учетом высоты образующихся в них волн. Такие дамбы отсыпаются бульдозерам с использованием местного и (при необходимости) привозного водопрочного грунта. Коэффициент заложения откосов дамб принимают: для сухого откоса – 1:2; для откоса, соприкасающегося с водой – 1 к 2÷3. В качестве укрепления откосов можно использовать синтетическую ткань, прикрепляемую к ним штырями.

Для того, чтобы создать благоприятные условия работы землеройных и транспортных машин на переувлажненных участках строительства водоотводных и дренажных систем аэродромных покрытий до начала основных работ по их устройству целесообразно произвести их осушение и, при этом, не допустить их повторного переувлажнения. Такие участки осушают путем отвода поверхностных и понижения подземных вод. Для отвода поверхностных вод используют систему открытых канав, а для понижения подземных вод целесообразны ловчие канавы или дрены, располагаемые согласно проекту производства работ.

Проектом производства работ должна быть предусмотрена сеть временных автомобильных дорог и площадок для раскладки строительных изделий и материалов по трассе строительства. Работа по их созданию должна быть выполнена заблаговременно до начала основных работ.

С учетом передвижения по временным автодорогам груженого автотранспорта (тяжелых автомобилей), мощных бульдозеров, траншеекопателей, экскаваторов и погрузчиков дорожные одежды проектируют на расчетную нагрузку Н-30. Ширину проезжей части временных дорог принимают равной 3,5 м (однополосной) или 7 м (двухполосной).

На временных дорогах по спланированному грунту с поперечным уклоном не менее 3% бульдозером разравнивают песок слоем не меньше 5-10 см. После планировки автогрейдером по методу перекладки на проезжую часть укладывают железобетонные плиты с перевязкой швов. Согласно уже хорошо проверенной технологии при связных грунтах с влажностью в 1,2-1,3 раза больше оптимальной по предварительно спланированному грунту вначале укладывается синтетическая ткань (геотекстиль), затем распределяют песок слоем толщиной 5-7 см с последующим его уплотнением. Сверху тем же способом укладываются плиты. Назначение ткани – предотвратить образование выплесков. Благодаря данной технологии обеспечивается возможность двукратного использования плит.

Согласно проведенным исследованиям [8] установлено, что на временных дорогах следует применять покрытия сборно-разборного типа из плит, рассчитанных под нагрузку Н-30. Предварительно напряженные серийно изготавливаемые плиты выдерживают 3-4-х кратную оборачиваемость. Это дает возможность снизить стоимость строительства временных дорог и обеспечить движение тяжелых автомобилей и дорожных машин.

Вдоль трасс водоотводных и дренажных систем аэродромных покрытий устраивают площадки для раскладки на них труб, железобетонных колец, блоков, крышек колодцев, трубофильтров и других элементов, а также фильтрующих материалов, битума, насыпных материалов (щебня, гравия, песка). Грунты на этих площадках уплотняют катками на пневматических колесах.

## 2.4. Устройство коллекторов

Коллекторы – это трубопроводы, предназначенные для транспортирования поверхностных и дренажных вод, поступающих в них через дождеприемные, смотровые, тальвежные колодцы, за пределы летного поля аэродрома. Они располагаются вдоль кромок аэродромных покрытий на расстоянии от 10 до 15 м от них.

Материал труб для коллекторов водоотводных и дренажных систем аэродромных покрытий должен быть долговечным и водонепроницаемым, дешевым и стойким против коррозии. Таким требованием при устройстве вполне удовлетворяют асбоцементные (безнапорные и напорные) трубы с внутренним диаметром 189-473 мм, высокопрочные бетонные трубы с внутренним диаметром 300-500 мм, железобетонные с внутренним диаметром 500 мм и более. При напорных трубопроводах, как правило, используют асбоцементные (напорные), железобетонные и пластмассовые трубы. Керамические трубы можно использовать только за пределами летного поля, а пластмассовые можно применять в районах со специфическими грунтами, агрессивными к асбестоцементу и бетону, например, засоленными, а также при минерализованных подземных водах.

Диаметры и уклоны труб коллектора определяются проектом для водоотводной и дренажной системы аэродрома, в соответствии с которым состав работ по устройству коллектора обычно состоит из: разбивки коллектора на местности, отрывки траншей, устройства оснований под трубы, укладки труб в траншее с последующей заделкой их стыков, испытания коллектора на водонепроницаемость, обратной засыпки траншей грунтом с послойным его уплотнением и, при наличии креплений стенок траншей, их разборки.

*Разбивка коллектора* производится с помощью теодолита, вешек, дальномера и стальной мерной ленты. Все измерения и отсчеты производятся от геодезических знаков закрепления осей ВПП, РД, МС и других элементов аэродрома. Начало, точки поворота трассы коллектора и её конец, размещение на

ней смотровых колодцев, перепусков и устьевых сооружений обозначаются реперами. Через каждые 100 м трассы размечают пикеты, а в промежутках между ними – плюсовые точки. Вместе с этим производится разметка ширины траншеи. Геометрические размеры траншей определяют исходя из глубины заложения труб коллектора, требуемой ширины траншей по дну и конфигурации стен.

Ширина траншеи по дну складывается из размера трубопроводов и технологических зазоров, обеспечивающих проведение всех строительных работ. Ширину траншеи по дну (в метрах) в зависимости от наружного диаметра трубопровода  $D$  (м) принимают равной:

$$b = D + (0,5 \div 0,6) \text{ м} \quad \text{при } D \leq 0,5 \text{ м};$$

$$b = D + (0,8 \div 1,2) \text{ м} \quad \text{при } D > 0,5 \text{ м}.$$

Ширина траншеи по дну может уточняться в проекте организации работ, но не должна быть меньше 0,7 м.

Траншеи могут отрываться с наклонными или вертикальными стенками. Ясно, что наиболее экономичными будут траншеи с вертикальными стенками. Вместе с тем, из-за угрозы обрушения грунта их допустимая глубина без крепления стенок даже в плотных глинистых грунтах не должна превышать 2 м. Поэтому в большинстве случаев траншеи отрывают с откосами, наибольшая крутизна которых в грунтах естественной влажности колеблется в пределах от 1:0,25 до 1:1,25, табл. 2.3 [23].

**Таблица 2.3. Наибольшая допустимая крутизна откоса траншеи (отношение высоты откоса к его заложению  $1:m$ )**

Группы	Глубина траншеи м, до			Во влаж- ных глини- стых и сухих песча- ных грун- тах
	1,5	3	5	
Насыпной	1 : 0,67	1 : 1	1 : 1,25	
Песчаный и гравелистый влажный	1 : 0,50	1 : 1	1 : 1	
Глинистый	1 : 0,25	1 : 0,67	1 : 0,85	
супесь	1 : 0	1 : 0,50	1 : 0,75	
суглинок	1 : 0	1 : 0,50	1 : 0,5	
глина				

крутизну откосов следует принимать как для насыпных грунтов. Во всех случаях необходимо проверять устойчивость откосов с учетом конкретного состояния грунта и наличия временной нагрузки в пределах призмы обрушения. В стесненных условиях и в целях уменьшения объемов земляных работ производят крепление стенок траншей (рис. 2.2).

Рис. 2.2. Закладные крепления траншей [23]

*a* – горизонтальное вразбежку; *b* – вертикальное сплошное;  
*в* – инвентарное: 1 – доски забирки; 2 – стояки; 3 – распорки; 4 – бобышки; 5 – прогоны; 6 –  
деревянные щиты;  
7 – трубчатые рамы; 8 – винтовые распорки

В качестве примера может служить закладные крепления, установка которых в траншее производится по мере их разработки.

Определив ширину траншеи поверху, её обозначают колышками, устанавливаемыми по бровке.

На трассах коллектора размечают смотровые колодцы. Для контроля их размещения на каждом пикете и в центрах смотровых колодцев устанавливают обноски (рис. 2.3).

Рис. 2.3. Обноска траншей и колодцев [4]

1 – столбы диаметром 14-18 см; 2 – бордюрная доска 50 мм;  
3 – гвозди 12-15 см; 4 – ходовая визирка;  
5 – вал грунта с нагорной стороны

Обноска состоит из двух столбов, вкопанных в грунт на глубину 0,8 м с возвышением над землей на 1 м. К столбам гвоздями прибивается доска, перпендикулярно оси траншеи, так, чтобы она проходила над центром колодца или пикетным колышком. В верхнее ребро доски забивают три 12-15 сантиметровых гвоздя, один из которых должен находиться точно над осью траншеи (коллектора), а две других – над линиями границ траншеи.

Высотное положение средних точек верхнего ребра досок устанавливают, используя нивелир, так, чтобы они располагались на одинаковой высоте от проектной линии лотка трубы (согласно продольному профилю коллектора). Зная

проектную отметку дна траншеи, можно вычислить её глубину, отсчитывая её от верхнего ребра доски или шнура, натянутого от одной барьерной доски к другой между средними гвоздями.

Для закрепления смотровых колодцев устанавливают две обноски на расстоянии 1,2-2,0 м от центра колодца.

Обноски также используют для разбивки и проверки планового положения и по высоте оснований под трубы. Положение в плане элементов коллектора между обносками устанавливают по шнуру, а по высоте - переносной визиркой. Для контроля правильности отрывки траншеи в плане полезно закрепить колышками линию, параллельно оси траншеи, где она не может быть повреждена в процессе отрывки.

Для высотного геодезического контроля укладки труб коллектора вдоль его трассы должны быть установлены временные реперы.

Вынос и разбивку коллектора производят от его устьевого сооружения к верховью и оформляют актом с приложением ведомостей реперов и привязок.

*Траншеи для коллекторов* отрывают в направлении противоположном стоку воды в них, т. е. в направлении разбивки коллектора. Это делается для того, чтобы всегда был обеспечен отвод воды из траншеи и в ней не скапливалось большое количество поверхностных и подземных вод. Рытье траншей для коллекторов осуществляется механизированным способом. Работа по отрывке траншей должна опережать укладку труб в них не более, чем на двое суток. В противном случае, не исключено обрушение или оползание их стенок. Поэтому, для отрывки траншей следует выбирать такую землеройную машину, которая в состоянии отрыть траншею необходимых размеров и иметь производительность, обеспечивающую требуемый темп поточного строительства коллектора. Например, при обычной практике и интенсивности устройства коллекторов (50-100 м/ смену), средней глубине 2 м и ширине траншеи 1,5 м машина должна иметь производительность 150-300 м<sup>3</sup>/смену.

Экскаватор с наименьшей требуемой производительностью должен иметь геометрические параметры, обеспечивающие наиболее простую и экономичную технологию разработки траншей, т.е. параметры экскаватора должны соответствовать размерам траншеи и отвала грунта, что выражается следующими условиями [23]:

$EMBED Equation.3$        $EMBED Equation.3$        $EMBED Equation.3$   
где  $EMBED Equation.3$  и  $EMBED Equation.3$  – соответственно максимально возможный и требуемый радиусы выгрузки, м;  $EMBED Equation.3$  – максимально возможная высота выгрузки, м;  $EMBED Equation.3$  – высота отвала, м;  $EMBED Equation.3$  и  $EMBED Equation.3$  – соответственно максимально возможный и требуемый радиусы резания (копания), м.

$EMBED Equation.3$

где  $r_i$  – расстояние в плане до наиболее удаленных точек забоя, м (например, на рис. 2.4 - точки I и II);  $h_i$  – глубина расположения удаленных точек забоя, м.



Так, например, для точки I:

EMBED Equation.3

для точки II:

EMBED Equation.3 .

Рис. 2.4. Схема разработки траншеи экскаватором [23]

Геометрические параметры отвала грунта определяют из условий:

- а) площадь поперечного сечения отвала  $S_0$ , умноженной на коэффициент разрыхления грунта при его разработке  $K_R$ ;
- б) крутизна откоса отвала (1:  $m$ ) составляет 1:1;
- в) расстояние от подошвы отвала до края траншеи принимается равным 0,5-1 м.

Если выполняется условие EMBED Equation.3 то при одностороннем отвале экскаватор можно ставить по оси траншеи (рис. 2.4). Вместе с тем такая установка связана со значительным недоиспользованием возможностей экскаватора, так как в этом случае EMBED Equation.3

Более рациональна установка экскаватора со смещением от оси траншеи в сторону отвала на величину  $c$ , обеспечивающая равномерное использование возможностей экскаватора при копании и выгрузке.

Разработка траншей при строительстве коллекторов водоотводных и дренажных систем аэродромов осуществляется, как правило, одноковшовыми экскаваторами, оборудованными обратной лопатой или драглайном с объемом ковша 0,25-1 м<sup>3</sup>. Экскаватор с обратной лопатой обеспечивает более высокую производительность труда и точность копания, но имеет ограничения по размеру забоя. Поэтому при большей ширине и глубине траншей применяют драглайн. Для разработки траншей с вертикальными стенами с креплением применяют экскаваторы с грейфером.

Грунт, вынутый из траншеи, используют для обратной засыпки траншей после монтажа трубопроводов и их испытаний. В связи с этим его размещают в отвалах вдоль траншеи.

В пределах летного поля траншеи водоотводных и дренажных систем, в том числе и коллекторов, должны иметь преимущественно вертикальные стенки на минимально возможную ширину. Это связано с необходимостью уменьшения вероятности разрушения уложенных труб от действия на них движущейся самолетной нагрузки.

Во всех случаях необходимо предотвращать попадания в траншеи поверхностных вод с нагорных сторон. С этой целью вдоль траншеи на расстоянии 5-10 м от её бровки устраивают водоперехватывающий вал или канаву.

Рытье траншей и последующие работы по устройству коллекторов могут осложняться из-за притока воды в траншею подземных вод. При незначительном притоке скопившуюся воду удаляют открытым водоотливом при помощи электронасосов из зумпфов, заглубляемых на 0,5- 1 м ниже проектного уровня траншеи.

При отрывке траншеи в песчаных грунтах с большим притоком в них подземных вод для понижения уровня используют иглофильтровые водопонижительные установки, работающие непрерывно в течение всего времени устройства коллектора. Для осушения глинистых грунтов с низкими коэффициентами фильтрации используют электроосмос.

Для крепления стенок траншей применяют следующие их типы (рис. 2.5):

горизонтальное и вертикальное дощатое (вразбежку);  
горизонтальное и вертикальное сплошное;  
шпунтовыми досками;  
щитами из волнистых стальных листов;  
стальным шпунтом специального профиля;  
инвентарные крепления вертикального типа.

Рис. 2.5. Типы вертикальных креплений траншей (вид сверху) [8]:  
*a* – дощатое несплошное; *б* – дощатое сплошное; *в* – шпунтованными досками;  
*г* – фанерными щитами; *д* – щитами из профилированных стальных листов;  
*е* – стальным шпунтом специального профиля

Вертикальное дощатое несплошное крепление применяют в тугопластичных глиняных грунтах при глубине траншеи до 3 м (рис. 2.5, *a*).

Вертикальное дощатое сплошное крепление (рис. 2.5, *б*) устраивают в сухих песках, грунтах повышенной влажности при наличии прослоек пльвунов при глубине траншеи от 1,5 до 5 м.

Вместо досок в таких креплениях могут использоваться фанерные щиты из водостойчивой фанеры и щиты из профилированных стальных листов. При глубине траншей свыше 5 м требуется расчет их креплений на прочность.

Шпунтовые крепления применяются при устройстве как глубоких, так и неглубоких траншей и котлованов в водонасыщенных и пльвунных грунтах. Шпунтовые ограждения крепятся распорками или анкерами. Шпунтовые доски забивают в грунт ниже дна траншеи на 0,7-1 м. Отрывка траншей начинается после забивки шпунта.

Стальной шпунт специального профиля применяют только в особо слож-

ных условиях отрывки траншей в неустойчивых водонасыщенных и плавунных грунтах при большой глубине траншей и котлованов.

Горизонтальное крепление стенок траншей показано на рис. 2.6.

Горизонтальное дощатое несплошное крепление (рис.2.6, *а*) применяют в тугопластичных глинистых грунтах при глубине траншеи до 3 м.

Горизонтальное дощатое сплошное крепление (рис. 2.6, *б*) применяют при отрыве траншей в сухих песках или в любых других водонасыщенных грунтах с небольшим притоком подземных вод глубиной не более 3 м.

Для крепления стенок траншей и котлованов глубиной от 2 до 10 м во влажных, но устойчивых грунтах, кроме плавунных можно использовать инвентарные распорные крепления из стальных или винтовых распорных рам. Такой комплект инвентарного крепления может быть целиком опущен в траншею или вынут из неё при помощи крана (рис 2.7).

Рис. 2.6. Горизонтальное крепление стенок траншей [8]:

*а* – дощатое крепление; *б* – дощатое сплошное;  
*1* – стояки; *2* – распорки; *3* – бобышки

Рис. 2.7. Инвентарное распорное стальное крепление:

*а* – общий вид креплений;  
*б* – распорная рама

Опытом подтверждено, что с точки зрения экономической эффективности деревянное крепление стенок траншей почти во всех случаях менее эффективно, чем инвентарное металлическое крепление.

После отрывки траншеи проверяют прямолинейность трассы коллектора и соответствие отметок дна траншеи проектным, которые не должны отличаться

более чем на  $\pm 2$  см. Отклонение уклонов дна траншеи от проектных допускается не более  $\pm 0,5$  % при обязательном соблюдении общего направления проектного уклона.

*Устройство оснований под трубы коллектора.* Коллекторы водоотводных и дренажных систем аэродромных покрытий, а также дождеприемные, тальвежные и смотровые колодцы в зависимости от местных грунтовых и гидрогеологических условий укладывают на естественное грунтовое или искусственное основание, устраиваемое из песка, бетона или железобетона (табл. 2.4).

Таблица 2.4. Конструкции оснований под трубопроводы [23]

Нормативное сопротивление грунта	Вид грунта	Диаметр труб, м	Вид основания *	Схема укладки труб
$R^H \geq 0,15$	Песчаный	$< 0,6$	Естественное плоское	
		$\geq 0,6$	Естественное спрофилированное	
	Глинистый (твердой и полутвердой консистенции), скальный, крупнообломчатый	$< 0,6$	Плоская песчаная подготовка	
		$\geq 0,6$	Спрофилированная песчаная подготовка	
$0,1 \leq R^H \leq 0,15$	Любой			

		$\geq 0,4$	Бетонное или железобетонное сборное	
$R^H \leq 0,1$	Любой	$\geq 0,4$	Свайное	

\* Вид основания в каждом конкретном случае указывается в проекте водоотводной и дренажной системы аэродрома.

Для равномерной передачи на основание нагрузки от собственной массы трубы, массы транспортируемой воды и грунтовой засыпки трубы по всей длине должны плотно соприкасаться с основанием не менее чем на  $\frac{1}{4}$  цилиндрической поверхности, т. е. основание должно охватывать трубу не менее, чем на  $90^\circ$ . Крупные трубы, уложенные на плоское основание без их охвата на  $90^\circ$ , выдерживают нагрузку на 30-40 % меньшую, чем трубы, уложенные на профилированное

основание.

Грунт естественного основания должен быть уплотнен до 0,95-0,98 плотности от оптимальной. Уплотнение песчаного грунта основания под трубы коллектора производится пневмотрамбовками на глубину не менее 0,15 м. Профилирование естественного основания под опорную площадь трубы в виде выкружки производится по шаблону после уплотнения основания перед укладкой труб в траншеи. Для заделки стыков труб предусматривают устройство приямков длиной 1 м и глубиной 0,3-0,4 м, над которыми должны нависать концы стыкуемых труб.

Искусственные основания из щебня, бетона В7,5 или В15 устраивают в деревянной опалубке или грунтовой корыте. Щебень и бетон В7,5 уплотняют так же, как и песчаное основание, а бетон В15 – вибраторами.

Сборные железобетонные основания из отдельных блоков (рис. 2.8) применяют для укладки безнапорных трубопроводов больших диаметров (1400 мм и выше). Устройство таких оснований обеспечивает:

сокращение сроков строительства;

исключение на 95 % мокрых процессов, что особенно важно при устройстве коллекторов в условиях отрицательных температур;

сокращение трудозатрат.

Применяют два типа сборных железобетонных оснований под трубы коллектора: лекальные железобетонные блоки, изготавливаемые на заводах ЖБИ (рис. 2.8) и железобетонные дорожные плиты с последующей подбетонкой стула (рис. 2.9). Такие основания укладывают на выровненную песчаную, щебе-

ночную или древесную подушку толщиной 15-20 см. Для равномерного опирания трубы на лоток укладывают слой цементопесчаного раствора.

Устройство оснований в грунтах I типа просадочности производится как в обычных непросадочных грунтах.

Рис. 2.8. Сборный железобетонный блок основания под трубы большого диаметра:

- 1 – сегментовидный желоб;
- 2 – стальные скобы;
- 3 – косые пазы

При величине просадки (определенной расчетом) до 40 см, грунт основания уплотняют на глубину 0,2-0,3 м. При величине просадки более 40 см, можно применить конструкцию основания, показанную на рис. 2.10. В этом случае предусматривают отвод воды из дренирующего слоя в накопительные устройства.

До укладки труб на подготовленные основания необходимо проверить соответствие уклона поверхности требованиям проекта.

<p>Рис 2. 9. Основания из железобетонных дорожных плит с подбетонкой стула: 1 – подбетонка; 2 – дорожная железобетонная плита; 3 – песчаная подготовка</p>	<p>Рис. 2.10. Основания под трубы в макропористых просадочных грунтах: 1 – дренирующий слой из щебня или гравия; 2 – слой гидроизоляции (например, грунтоасфальта); 3 – слой утрамбованного увлажненного грунта толщиной 200-300 мм.</p>
--	--

*Укладка труб* коллекторов водоотводной и дренажной системы аэродромов является наиболее важным этапом в их строительстве. При осуществлении

этого этапа руководствуются следующими принципами:

укладку труб коллектора, собирателя, перепуска ведут снизу вверх, т. е. против продольного уклона трассы;

раструбные трубы укладывают раструбами вперед;

смотровые колодцы строят перед укладкой подсоединяемых к ним труб;

точное соблюдение проектных уклонов коллектора и его прямолинейности между смотровыми колодцами;

обеспечение плотного прилегания труб к их основанию;

обеспечение прочности и водонепроницаемости стыковых соединений труб.

Для контроля проектного уклона и прямолинейности коллектора в плане используют установленные ранее обноски для траншей и подвижную визирку с башмаком. Длина подвижной визирки принимается равной разности отметок верхнего ребра горизонтальной доски обноски и проектной отметки лотка трубы. При визировании подвижная визирка устанавливается на лоток трубы башмаком внутрь. Допустимое отклонение фактического положения лотка трубы от проектной отметки не должно превышать  $\pm 0,5$  см. Прямолинейность труб, уложенных между смотровыми кольцами контролируется отвесом, подвешиваемым к проволоке, натянутой от одной обноски к другой через средние гвозди, вбитые в верхнее ребро горизонтальной оси или же по шнуру.

Выравнивание каждого звена трубопровода в вертикальной и горизонтальной плоскостях производят подкладкой клиньев с последующей подливкой в образовавшуюся щель между трубой и её основанием цементного раствора.

Перед выкладкой в одну линию труб на бровке траншеи для последующей их укладки в неё производится их осмотр и проверка. Трубы должны иметь по всей длине правильную цилиндрическую форму. На внутренней и внешней поверхности труб не должно быть больших раковин и отколов. Отклонения от проектных размеров труб не должны превышать по толщине стенок  $\pm 0,5$  %, разности между наибольшим и наименьшим диаметрами в свету  $\pm 1$  %, длине звеньев  $\pm 10$  см. Внутренние поверхности всех труб должны быть гладкими.

Трубы, не удовлетворяющие требованиям табл. 2.5, не допускаются к укладке в траншеи.

*Таблица 2.5. Требования к состоянию поверхности бетонных труб*

Дефекты	Отклонения
Трещины на внутренней и наружной поверхности трубы	Не допускаются
Единичные раковины, наплывы и осколки бетона на внутренней поверхности	Допускаются глубиной (высотой) не более 3 мм и длиной (шириной) не более 20



трубы	мм
Раковины, наплывы и осколки бетона на наружной поверхности трубы	Допускаются длиной (шириной) не более 20 мм, глубиной (высотой) не более 3 мм для труб диаметром 100-300 мм и не более 5 мм для труб диаметром 400-1000 мм в количестве не более 10 мм на 1 м <sup>2</sup> поверхности трубы
Заусенцы, канавы и сколы бетона на внутренних и наружных кольцевых ребрах раструбного и гладкого концов, а также фальцевых труб	Допускаются глубиной (высотой) не более 3 мм

Перед опусканием труб в траншею их следует очистить от грязи, налипшего грунта и пыли.

Машины, используемые для укладки труб, должны обладать требуемой грузоподъемностью и мобильностью. В наибольшей степени этим требованиям отвечают автомобильные краны и трубоукладчики. Их выбор производится в зависимости от массы труб, ширины и глубины траншеи.

Выбранный кран должен обеспечивать монтаж труб на требуемом вылете крюка (расстояние в плане от оси вращения стрелы до крюка –  $L$ ), т. е. должно выполняться условие  $EMBED Equation.3$  где  $EMBED Equation.3$  - максимальная грузоподъемность крана, т, на требуемом вылете, м;  $m_э$  – масса монтируемой трубы, элемента колодца, т.

Требуемый вылет крюка крана (рис. 2.11) находят по формуле

$$L = 0,5B_{TP} + a + e,$$

где  $B_{TP}$  – ширина траншеи поверху, м;  $a$  – расстояние от края траншеи до выносной опоры крана, м;  $e$  – расстояние от выносной опоры крана до оси вращения стрелы, м.

Рис. 2.11. Укладка труб коллектора

Для укладки труб длиной 4 м в траншею с креплением стенок распорками, установленными через 2 м, следует в отдельных местах заменить распорки рамным креплением.

Трубы диаметром до SHAPЕ \\* MERGEFORMAT 200 мм можно опускать в траншею вручную на веревках, а большего диаметра – с использованием механизированных средств. Легкие, например, асбестоцементные трубы опускают в траншею в местах с рамным креплением и перемещают по дну траншеи на катках.

Устройство стыковых соединений труб коллектора осуществляется рас-  
трубным, фальцевым и муфтовым способами (рис. 2.12).

Рис. 2.12. Стыковые соединения труб коллекторов:

*А* и *Б* – соединения раструбных железобетонных труб; *В* и *Г* – то же фальцевых;  
*Д* – соединение асбестоцементных труб на муфтах; 1 – замок из цементного раствора; 2 –  
резинное кольцо; 3 – раструб; 4 – раствор на натягивающем цементе;  
5 – труба; 6 – асбестоцементный замок; 7 – смоляная прядь; 8 – герметик; 9 – арматурная  
сетка; 10 – бетонный пояс; 11 – асбестоцементная муфта; 12 – резиновая манжета диа-  
метром 10...20 мм

При укладке трубопроводов с раструбными стыковыми соединениями зазор между гладким концом трубы и упорной поверхностью раструба диаметром до 700 мм должен быть равен 10 мм, а для труб диаметром более 700 мм – 15

мм.

После подготовки основания первая труба укладывается в траншею по ходу укладки трубопровода раструбом вперед.

Перед началом монтажных работ необходимо устроить концевой упор, в который должны упираться первая труба и который может быть использован впоследствии для гидравлического испытания коллектора.

Наиболее качественное уплотнение раструбного стыка обеспечивается с использованием резинового кольца.

На выпуклый конец трубы, подлежащей укладке, надевается резиновое кольцо и труба навесу вводится в раструб ранее уложенной трубы. Резиновое кольцо должно прилегать к монтажному буртику по всей окружности. Введение выпуклого конца трубы в раструб ранее уложенной трубы производится следующими способами:

с помощью реечного домкрата, закрепленного на переносном бетонном упоре (рис. 2.13).

Труба краном или трубоукладчиком подается втулочным концом к раструб и укладывается на подготовленное основание без расстроповки. На втулочный конец надевается резиновое кольцо. Далее труба навесу подводится к раструб уложенной трубы и с помощью домкрата, упирающегося в деревянный брус на конце трубы, буртовой конец трубы вводится в раструб уложенной трубы с одновременным закатыванием резинового кольца в раструбную щель;

Рис. 2.13. Монтаж труб с помощью реечного домкрата и бетонного упора:

1 – уложенная труба; 2 – укладываемая труба; 3 – деревянный брус;  
4 – реечный домкрат; 5 – бетонный упор;

с помощью натяжного приспособления, имеющего винтовую распорку, устанавливаемую внутри уложенной трубы (рис. 2.14).

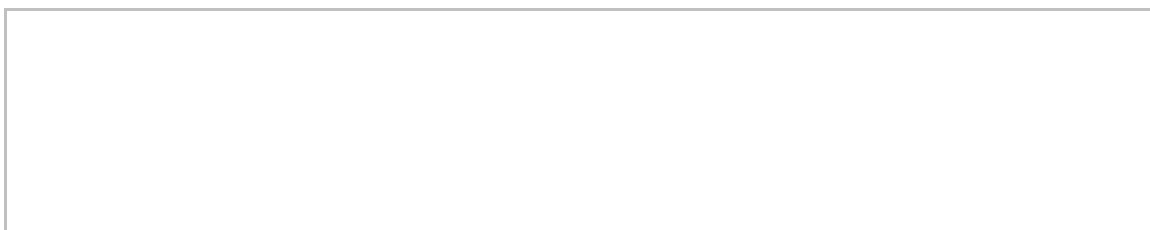


Рис. 2.14. Монтаж труб с помощью натяжного приспособления, устанавливаемого внутри трубы:

1 – уложенная труба; 2 – винтовая распорка; 3 – тяги;  
4 – укладываемая труба; 5 – натяжные винты; 6 – упорная балка

Упорная балка натяжного приспособления устанавливается в раструбе укладываемой трубы, а винтовая распорка – внутри уложенной трубы с наклоном 5-10° в сторону раструба; продвижение трубы до конечного положения осуществляется путем равномерного завинчивания гаек на тягах; с помощью натяжного приспособления винтового типа с шарнирным хомутом, устанавливаемым на уложенной трубе (рис. 2.15).

Шарнирный хомут закрепляется на раструбе уложенной трубы; на раструбный конец укладываемой трубы устанавливается опорная крестовина; буртовой конец вводится в раструб уложенной трубы вращением натяжного винта; с помощью рычажной лебедки (рис. 2.16).

Тяговый трос лебедки закрепляется металлическим хомутом с двух сторон раструба уложенной трубы; пропускается через блоки упорной балки; с помощью рычага лебедки натягивается трос; с помощью ковша экскаватора (2.17).

Рис. 2.15. Монтаж труб с помощью натяжного приспособления винтового типа с шарнирным хомутом:

1 – шарнирный хомут; 2 – трос; 3 – регулировочные винты; 4 – натяжной винт;  
5 – опорная крестовина; 6 – подвижная крестовина; 7 – трещотка

Этот способ монтажа применяется в слабых обводненных

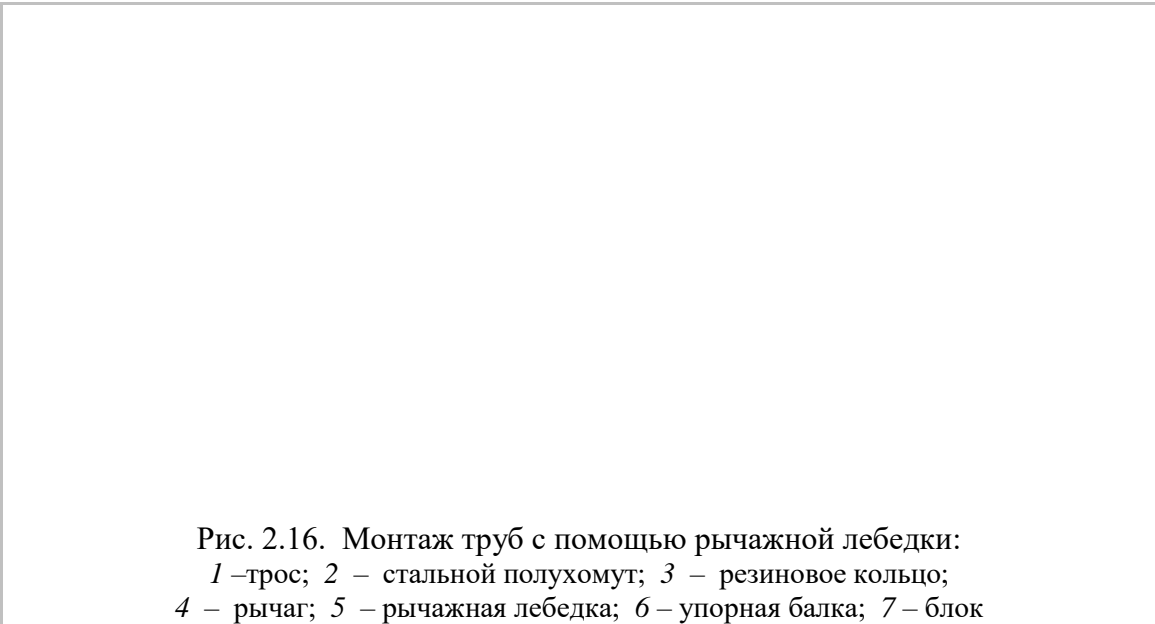


Рис. 2.16. Монтаж труб с помощью рычажной лебедки:  
1 – трос; 2 – стальной полухомут; 3 – резиновое кольцо;  
4 – рычаг; 5 – рычажная лебедка; 6 – упорная балка; 7 – блок

грунтах. Стыки раструбных труб снаружи заделывают цементным раствором, В трубопроводах диаметром 0,8 м и более зазор между торцом труб дополнительно заполняют изнутри цементным раствором на напрягающем цементе (НЦ). Плотность раструбного стыка (без резинового кольца) (рис. 2.12, б) обеспечивается зачеканкой в кольцевой зазор просмоленной пеньковой пряди и асбестоцементной смеси.

Стыки фальцевых труб заделывают эластичными герметизирующими прокладками или мастиками (рис. 2.12, в), а также зачеканивают асбестоцементной смесью. С целью усиления стыка снаружи устраивают железобетонный поясok (рис. 2.12, г), используя кольцевую инвентарную опалубку. В эту опалубку заливают пластичный бетон класса В15. Поясок можно делать и методом торкретирования.

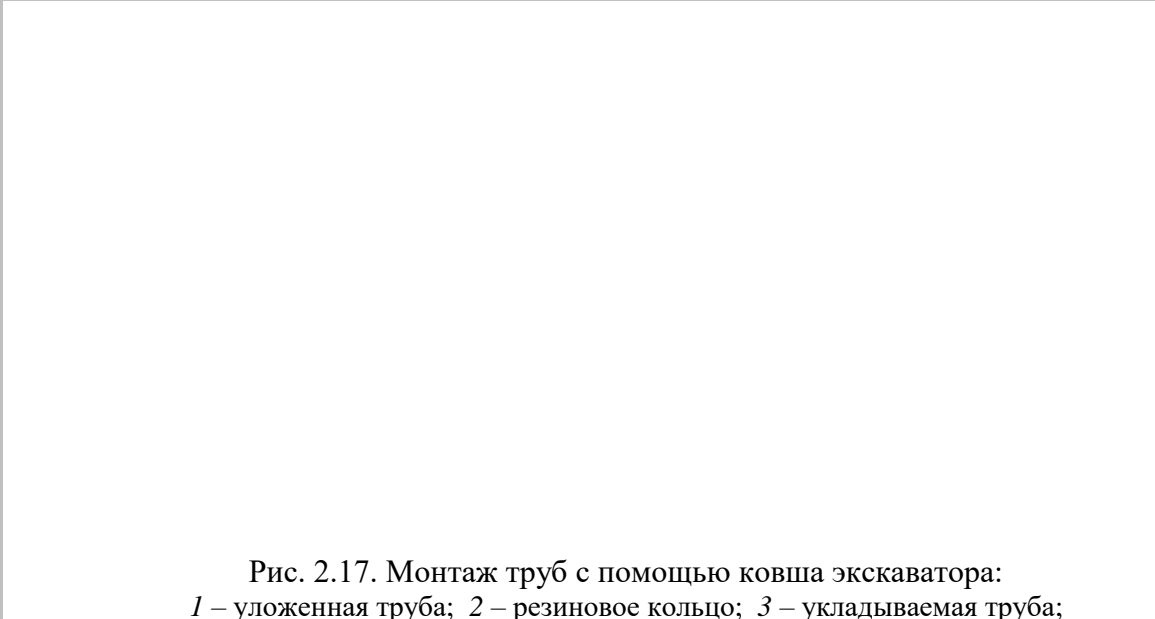


Рис. 2.17. Монтаж труб с помощью ковша экскаватора:  
1 – уложенная труба; 2 – резиновое кольцо; 3 – укладываемая труба;

Наиболее широкое распространение при строительстве водоотводных и дренажной систем аэродромов нашли асбестоцементные трубы, отличающиеся большой прочностью, относительно небольшой массой, стойкостью к кислотам и гладкой внутренней поверхностью. Стык асбестоцементных труб показан на рис. 2.12, д. Он состоит из резиновых манжет или колец и асбестоцементных муфт. Перед укладкой труб в траншею все асбестоцементные трубы и муфты, резиновые манжеты или кольца подлежат обязательной проверке. Асбестоцементные трубы с обломанными концами, трещинами на поверхности или продольными бороздами выбраковываются. Асбестоцементные муфты с трещинами, вмятинами и глубокими бороздами, обломанными буртами и концами также подлежат выбраковке.

Резиновые манжеты или кольца с трещинами, пузырьками, недостаточной упругостью являются непригодными и должны быть заменены на пригодные к использованию.

Соединения асбестоцементных труб двухбуртными муфтами производятся в следующей последовательности (рис. 2.18).

На конец ранее уложенной трубы надевают муфту и двигают её от торца на длину самой муфты, а затем на этот же конец трубы надевают резиновое кольцо и сдвигают его к муфте. Далее на укладываемую трубу надевают второе кольцо и трубу состыковывают с ранее уложенной, центрируя концы уложенных труб так, чтобы в стыке не образовалось уступа. После этого производится проверка положения трубы с помощью отвеса и визирки. Правильно установленную трубу закрепляют путем подбивки грунта. Далее соединяемые трубы размечают для правильной установки муфты и производят её натяжение при помощи винтовых или рычажных домкратов. Натяжение муфты должно производиться плавно, без перекосов. После гидравлического испытания коллектора зазор между буртиком муфты и трубой заделывают цементным раствором.

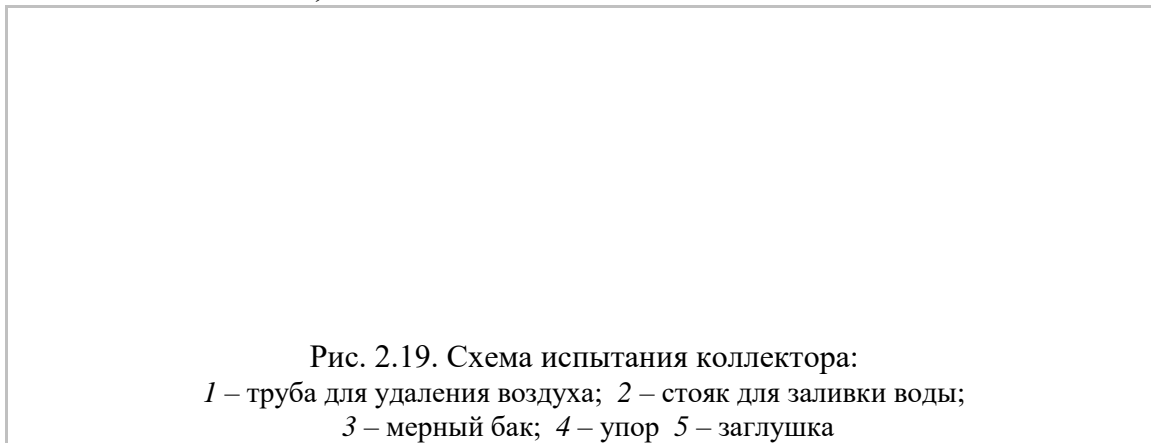
Рис.2.18. Схема соединения асбестоцементных труб:

*a* – первоначальное положение;  
*б* – соединение (стык) трубы

При правильном положении труб и муфт на ранее установленных трубах каждое вновь установленное звено трубы должно быть присыпано слоем грунта толщиной 0,4 м для закрепления положения трубы. Стыки труб заполняют после проведения гидравлического испытания. Прежде чем засыпать траншеи, необходимо провести гидравлическое испытание коллектора – испытание на водопроницаемость. Испытания проводят по участкам между смежными колод-

цами. Наиболее простая схема испытания приведена на рис. 2.19. Участок коллектора с состыкованными трубами ограничивают заглушками (деревянными, металлическими, кирпичными) и упорами. Гидростатическое давление в трубопроводе создается заполнением водой стояка с мерным баком, устанавливаемого в верхнем колодце, или наполнением верхнего колодца, если колодцы подлежат испытанию (колодцы, не имеющие гидроизоляции, испытанию не подлежат). Высота стояка равна глубине заложения коллектора, но не более 4 м обеспечивает давление в трубопроводе до 0,04 МПа. В нижнем колодце заглушка снабжается трубой для выпуска воздуха.

Гидравлические испытания включают два этапа: предварительное испытание на плотность; окончательное испытание на прочность.



Предварительное испытание на плотность проводят при не засыпанной траншее после засыпки пазух. Трубопровод заполняют водой на 24 ч, чем обеспечивается увлажнение бетонных и железобетонных труб, сопровождающееся закрытием микропор и микротрещин. По истечению суток при визуальном наружном осмотре коллектора не должно быть видимых утечек воды в стыках и трубах.

Окончательное испытание на прочность проводят после засыпки траншей, при этом измеряют объем утечки воды из трубопровода, проложенного в сухих грунтах, или притока воды в трубы – в водонасыщенных грунтах. Как и в предварительных испытаниях трубы коллектора заполняют водой на 24 ч, затем определяют утечку или приток воды, которые не должны превышать нормативных значений. Водонепроницаемость считается удовлетворительной, если утечка или приток воды, исчисляемые в м<sup>3</sup>/сут на 1 км системы, не превышает нормативного значения для испытываемого диаметра труб.

Обратная засыпка траншей производится после проверки правильности укладки трубопровода (коллектора), установки колодцев на коллекторе, визуального контроля качества заделки стыковых соединений, предварительного испытания трубопровода на плотность и устранения обнаруженных дефектов.

Грамотно выполненная засыпка траншеи обеспечивает равномерную пе-

редачу нагрузки на трубопровод и его основание, а также исключает осадки и просадки грунта обратной засыпки.

Исходя из этого, следует строго придерживаться технологии обратной засыпки траншей с уложенными в них трубопроводами, соблюдая требования к качеству грунта и степени его уплотнения.

Обратную засыпку траншей проводят в три стадии (рис. 2.20).

Первая стадия – подбивка пазух грунтом для обеспечения устойчивого положения труб в течение предварительного испытания коллектора на плотность.

Рис. 2 20. Схема обратной засыпки траншей:  
1, 2, 3 – последовательность стадий засыпки;  
4 – нетканый синтетический материал

Нижнюю часть траншеи на высоту полуметра трубы (за исключением прямков в зоне стыковых соединений) засыпают однородным песком оптимальной влажности. Засыпку пазух производят вручную (при небольших объемах работ) или экскаватором с грейферным ковшом слоями по 0,1-0,2 м поочередно с обеих сторон трубопровода. Каждый слой тщательно уплотняется пневмо- или вибротрамбовками.

После завершения предварительных испытаний коллектора на плотность производится засыпка прямков и подбивка пазух в зоне стыков и продолжается засыпка траншеи на второй стадии – до отметки 0,2-0,3 м выше шельги трубы. Для засыпки используют местный однородный непучинистый и ненабухающий грунт, который уплотняют до требуемой плотности трамбовками.

На третьей стадии, когда трубы уже защищены грунтом засыпку можно продолжать бульдозером с уплотнением его вибро- и пневмокатками.

Одновременно с засыпкой траншей и уплотнением грунта вынимают крепление стенок траншей. Разборку горизонтального крепления начинают с нижних досок. В плотных грунтах разборка ведется на высоту 2-3 досок, а в мокрых и слабых – на одну доску. При выемке досок производится перераспорка крепления.

Плотность грунта обратной засыпки должна быть ближе к плотности окружающего грунтового массива, но не менее 0,98-1,0 от оптимальной при укладке трубопроводов под аэродромными покрытиями.

При неблагоприятных гидрогеологических условиях и прокладке коллектора под аэродромными покрытиями верхние слои обратной засыпки целесообразно армировать неткаными синтетическими материалами, что способствует существенному снижению последующих просадок или осадок грунта.



## 2.5. Устройство трубопроводов из пластмассовых труб

С целью интенсификации технологии строительного производства, снижения его материалоемкости и повышения качества конечной строительной продукции в последние годы существенно возросло внедрение пластмассовых труб в различных отраслях промышленности и строительства. Возросшие темпы производства и внедрения в строительство пластмассовых труб обуславливаются их преимуществами по сравнению с трубами из других материалов. Отличительной особенностью современного производства пластмассовых труб является непрерывность процесса, высокий уровень автоматизации и механизации всех операций, начиная с транспортировки, дозирования, смешения компонентов сырья и кончая резкой труб на мерные длины или их намоткой в бухты, упаковкой и складированием. К основным преимуществам пластмассовых труб в строительном производстве следует отнести удобство транспортировки и складирования, легкость их обработки и стыкования.

Повышенная эффективность эксплуатации пластмассовых труб определяется их коррозионной стойкостью ко многим видам транспортируемых жидкостей, гладкость внутренней поверхности, благодаря чему потери напора на трение в них оказываются на 30% ниже, чем в стальных и чугунных трубах, не говоря уже о бетонных и железобетонных.

В настоящее время пластмассовые трубопроводы используют в системах водоснабжения и водоотведения, для транспортировки агрессивных и абразивных сред, при строительстве газораспределительных систем и нефтепроводов, для защиты электропроводок, в системах орошения и дренажа.

Однако, как показывает отечественный и зарубежный опыт, экономическая эффективность применения пластмассовых трубопроводов проявляется лишь при условии обеспечения высокого качества работ, выполняемых на всех этапах технологического процесса, включая изготовление труб и деталей трубопроводов, проектирование, монтаж, эксплуатация и ремонт трубопроводных систем. В свою очередь правильный выбор механизмов, приспособлений и устройств предопределяет качество работ по монтажу и эксплуатации этих трубопроводов.

Пластмассовые трубы изготавливают из полимерных материалов главным образом на основе полиэтилена высокой плотности (ПВП), низкой плотности (ПНП), полипропилена (ПП), полибутена (ПБ), поливинилхлорида (ПВХ), акрилонитрилбутадиенстирола (АБС) и фторсодержащих полимеров. Однако, основными полимерными материалами для массового изготовления труб является полиэтилен высокой плотности и непластифицированный поливинилхлорид. Это объясняется тем, что более 90% всех используемых в народном хозяйстве трубопроводных систем, включая и водоотводные и дренажные системы аэродромов, предназначены для эксплуатации при нормальных температурах и давлениях, не превышающих 1 МПа или для работы в безнапорном режиме.

Пластмассовые трубы классифицируются по следующим наиболее характерным признакам:

по материалу: полиэтиленовые, полипропиленовые, поливинилхлоридные, фторопластовые;

по форме : концов труб – раструбные, гладкие, стенки трубы – гладкостенные, гофрированные; продольной оси – с прямолинейной осью, поставляемые отрезками, и с криволинейной осью, поставляемые в бухтах или намотанными на барабаны; поперечного сечения – круглые, овальные;

по значению внутреннего гидравлического давления – безнапорные и напорные;

по конструкции – неармированные и армированные;

по способу производства – изготовленные методом непрерывной шнековой экструзии, непрерывного свертывания из ленты и сварки листовой заготовки.

Для строительства коллекторов водоотводных и дренажных систем аэродромных покрытий, как правило, используют канализационные трубы из полиэтилена низкого давления ПНД (высокой плотности). Эти трубы выпускаются легкого (Л), среднего (С) и тяжелого (Т) типа согласно ГОСТ 18599-83.

Транспортировка, погрузка и разгрузка пластмассовых труб из ПНД должна производиться при температуре воздуха не ниже  $-20^{\circ}\text{C}$  с соблюдением мер предосторожности при их фиксации, погрузке и разгрузке в связи с их хрупкостью при отрицательных температурах. Хранить пластмассовые трубы в условиях строительной площадки следует в тени или под навесом, не подвергая их прямому воздействию солнечных лучей. Их следует хранить в штабелях, на спланированном основании. Трубы укладываются на подкладки из дерева или мягкую грунтовую постель.

Пластмассовые трубы, используемые для строительства коллектора водоотводных и дренажных систем аэродромов могут иметь неразъемные и разъемные соединения. При подземной прокладке трубопроводов следует предусматривать, как правило, неразъемные соединения труб. К неразъемным относятся сварные и клееные соединения. Сварные соединения применяются при использовании полиэтиленовых труб, а клееные - поливинилхлоридных. Для полиэтиленовых труб (ГОСТ 18599-83) диаметром от 200 до 1200 мм, используемых при строительстве коллекторов водоотводных и дренажных систем аэродромных покрытий, применяется стыковая сварка нагретым инструментом. При осуществлении такой сварки выполняют следующие операции: установка и центровка труб в зажимном центрирующем приспособлении, торцовка труб, введение нагревательного инструмента и оплавление свариваемых поверхностей, удаление нагревательного инструмента, сопряжение свариваемых поверхностей под давлением (осадка), охлаждение сварного шва под давлением осадки (рис. 2.21).

Рис. 2.21. Схема стыковой сварки нагретым инструментом:

*a* – подготовка заготовок к сварке;  
*б* – оплавление торцов заготовок;  
*в* – технологическая пауза; *г* – осадка  
стыка и охлаждение сварного соединения; *1* – свариваемые заготовки;  
*2* – нагретый инструмент

После механической обработки между торцами труб, приведенными в соприкосновение с помощью центрирующего приспособления, не должно быть зазоров, превышающих 0,7 мм для труб диаметром до 315 мм, 1,0 мм – диаметром до 710 мм, до 1,3 мм – диаметром до 900 мм и до 1,5 мм – диаметром до 1200 мм. Основными параметрами процесса стыковой сварки являются: температура рабочих поверхностей нагревателя, продолжительность оплавления, глубина оплавления, значения давления при оплавлении и осадке. Основные параметры процесса стыковой сварки регламентируются техническими условиями ТУ 6-19-213-83.

При подземной прокладке пластмассовых трубопроводов коллекторов водоотводных и дренажных систем аэродромов большой протяженности их следует монтировать готовыми секциями (на сварных или клеевых соединениях), которые изготовляют в условиях трубозаготовительного участка, затем развозят и раскладывают вдоль трассы непосредственно перед производством монтажных работ. Число раскладываемых вдоль траншеи труб (секций) определяется сменной выработкой.

После доставки труб на место укладки необходимо предусмотреть меры по их защите от повреждений.

В зависимости от местных условий соединение труб между собой может производиться вдоль бровки траншеи или непосредственно в траншее (при температуре воздуха ниже 0<sup>0</sup>С соединение полипропиленовых и поливинилхлоридных труб производится только в траншее).

Длину плетей, сваренных (склеенных) на бровке траншеи, устанавливают в зависимости от условий ведения работ и от диаметра трубопровода. Укладывать в траншею сваренные или склеенные на бровке трубопроводы можно не раньше, чем через 24 ч после сварки или склеивания последнего стыка. Опускание и укладку трубопровода на дно траншеи производят без резких перегибов. Не допускается сбрасывание плети на дно траншеи и перемещение их волоком.

Соединение плит сваркой осуществляют в прямках, которые должны быть не менее 1 м шириной и 2,5 м длиной. Уложенный трубопровод выравнивают по оси и закрепляют путем подбивки и подсыпки грунта с последующим уплотнением.

Монтаж узлов в колодцах производят одновременно с прокладкой трубопроводов. Присоединение пластмассового трубопровода к фланцам установленных в колодце металлических соединительных деталей и арматуры производят перед засыпкой защитного слоя без затяжки болтов. Окончательная затяжка болтов фланцевых соединений производится непосредственно перед гидравли-

ческим испытанием.

Засыпка пластмассового трубопровода производится в следующем порядке. Сначала песок или мягкий грунт засыпают и уплотняют в траншее до центра труб, при этом, если их диаметр более 350 мм, то засыпку производят в два слоя. Затем также песком или мягким грунтом слоями по 10-15 см засыпают и уплотняют засыпку в траншее на высоту 30 см над верхом трубопровода. Засыпка и уплотнение грунта производится вручную до полной ликвидации пустот по обеим сторонам трубопровода. Для уплотнения песка вокруг трубопровода допускается его смачивание водой. Дальнейшая засыпка производится вынутым из траншеи грунтом с использованием механизмов. Использование катков, бульдозеров и других механизмов для уплотнения обратной засыпки возможно после того, как над трубопроводом будет насыпан слой грунта не менее 60 см. В зимнее время устройство защитного слоя (засыпка на высоту 30 см над верхом трубопровода) должно производиться незамерзшим грунтом. При невозможности полностью засыпать траншею в тот же день нужно произвести засыпку на высоту 40 см над верхом трубопровода. Перед засыпкой вода из траншеи должна быть полностью удалена.

Для устройства закрывочного и глубинного дренажа (ловчих, экранирующих дрен, дрен-осушителей) можно использовать дренажные гофрированные из полиэтилена низкого давления дренажные трубы, выпускаемые двух типов: I – для заложения на глубину: 2 м – диаметрами 50, 63 и 75 мм; до 2,5 м – 90, 110 и 125 мм; II – для заложения на глубину до 5 м диаметрами 90, 110 и 125 мм.

## **2.6. Устройство смотровых, дождеприемных, тальвежных колодцев и устьевых сооружений**

Смотровые колодцы предназначены для приема воды, поступающей в них из перепусков, собирателей, закрывочных дрен и коллекторов, а также для эксплуатационного ухода и ремонта транспортирующих и собирающих элементов водоотводных и дренажных систем.

Смотровые колодцы располагают на трассах коллекторов и собирателей. Их сооружают из сборных и монолитных железобетонных элементов, монолитного железобетона и кирпича круглыми и прямоугольными в плане. Размеры колодца в плане зависят от его глубины и наружного диаметра коллектора, соединяемого с колодцем. При глубине колодца до 2 м и наружном диаметре коллектора до 700 мм применяют колодцы с квадратным сечением внутренними размерами 70 × 70 см или с круглым сечением с внутренним диаметром 70 см. При большей глубине колодца и наружном диаметре коллектора до 1000 мм устраивают колодцы квадратного сечения с внутренними размерами 100 × 100 см или круглые с внутренним диаметром 100 см. При диаметрах труб более 100 см, а также колодцы, принимающие воду из нескольких коллекторов, устраива-

ются по индивидуальным проектам.

Смотровые колодцы, как правило, устраиваются сборно-монолитными из железобетонных сборных звеньев (крышек, горловин, средних звеньев и днищ). Нижнюю часть колодца, в связи с её нестандартностью по глубине, изготавливают по месту из монолитного бетона с омоноличиванием со сборным днищем (рис. 2.22). Колодцы, принимающие воду из собирателей, осушителей, ловчих и головных дрен, устраивают с отстойниками глубиной 0,3-0,5 м (ниже лотка трубы).

При расположении колодцев в пределах рабочей части летных полос смотровые колодцы устраивают с крышками, заглубленными в грунт не менее чем на 40 см. В остальных случаях крышка колодца доводится до поверхности летного поля. Вокруг крышек колодцев устраивают щебеночную отмостку шириной 0,8-1,2 м и толщиной 20 см; щебень пропитывают битумом на глубину 0,06-0,08 м. Допускается устраивать крышки незаглубленных колодцев с решеткой для приема поверхностных вод. В этих случаях в колодцах предусматривается отстойник глубиной 0,3-0,5 м (ниже лотка трубы).

В состав работ по устройству сборно-монолитного смотрового колодца входят следующие технологические процессы: разбивка котлована в плане, отрывка котлована (или уширение траншеи в месте установки колодца), устройство основания под днище колодца, монтаж или бетонирование днища и стенок нижней части колодца, монтаж верхней части колодца из сборных элементов, обратная засыпка котлована грунтом (после присоединения к колодцу всех трубопроводов), устройство отмостки.

Строительство смотровых колодцев начинают сразу после окончания отрывки траншеи для коллектора. К началу укладки труб строительство колодцев должно быть закончено.

Рис. 2.22. Конструкция смотровых колодцев:

*a* – круглый смотровой колодец с заглубленной крышкой; *б* – прямоугольный смотровой колодец с крышкой, выходящей наружу (сборно-монолитный); 1 – крышка; 2 – заделка мятой глиной слоем 10 см; 3 – отверстие 18 × 6 × 2 см; 4 – щебеночная отмостка с пропиткой битумом на 6-8-см; 5 – скобы Ø10 мм; 6 – перепуск; 7 – битум; 8 – просмоленная пленка  $\delta = 1-1,5$  см; 9 – бетонный лоток (устанавливается по месту); 10 – железобетонное днище; 11 – щебеночная подготовка; 12 – цементный раствор 1: 6-1: 8; 13 – нижнее бетонное кольцо (бетонируется по месту); 14 – труба коллектора; 15 – горловина; 16 – сборное основание под трубы; 17 – температурный шов  $\delta = 2$  см

у  
строй-  
ство  
колод-  
ца  
начи-

нают с закрепления на трассе коллектора осей и размеров котлована в плане, фиксируемых на обносках, устанавливаемых параллельно оси котлована, и забивкой кольев на его границах. Далее производится отрывка котлована до проектной отметки и выравнивание его дна. Под днище колодца отсыпается щебеночное основание слоем 15-20 см, которое тщательно выравнивают и уплотняют. На выровненное и уложенное основание укладывают днище колодца или его бетонируют по месту. После разметки на поверхности днища монолитной

части стенки колодца производят установку опалубки и бетонирование нижней части его стенки. Бетон уплотняют глубинными вибраторами. В местах примыкания труб коллектора в опалубке нижней части колодца устанавливают деревянные пробки для образования отверстий в стенке для труб коллектора. Диаметр этих пробок должен превышать наружный диаметр труб на 4-5 см. Опалубку разбирают через 12-16 ч после бетонирования. В местах примыкания труб к колодцу кольцевой зазор между стенкой колодца и трубой заделывают просмоленной пенькой и асфальтовой мастикой или другим упругим водоотталкивающим материалом.

Лоток на дне колодца формируют из слоя бетона с выделкой в нем по шаблону полуокружности глубиной, равной 0,6 диаметра трубы, входящей в колодец. Стенкам и дну лотка придают уклоны от стенок колодца к лотку. Поверхность лотка затирают цементным раствором и железнят.

Далее производится монтаж сборных колец колодца, устанавливаемых с помощью крана на торцы нижележащих колец с нанесенным на них 2-сантиметровым слоем цементного раствора состава 1:2. Избыток раствора, выжимаемый монтируемым кольцом, срезается, а образовавшийся шов между кольцами на внутренней и внешней их поверхности затирается. После монтажа горловины колодца на неё укладывают крышку.

При наличии агрессивных по отношению к бетону подземных вод наружные поверхности колодца обмазывают битумом на 0,5 м выше их уровня.

Обратную засыпку грунта вокруг колодца ведут слоями толщиной 20-25 см с тщательной их утрамбовкой. По мере обратной засыпки грунта крепления стенок котлована разбирают. Вокруг колодца с незаглубленной крышкой отсыпают щебеночную отмостку шириной 1 м и толщиной 20 см и пропитывают её битумом на глубину 6-8 см.

Дождеприемные колодцы предназначены для приема воды, стекающей в открытые лотки аэродромных покрытий ВПП, РД, перронов, МС, площадок специального назначения. Из дождеприемных колодцев поверхностные воды через перепуски попадают в смотровые колодцы, а из них в коллекторы. Дождеприемные колодцы размещают в открытых лотках большей стороной перпендикулярно их оси. Расстояние между дождеприемными колодцами определяют расчетом. В плане дождеприемный колодец имеет форму прямоугольника. Глубина колодца равна 1 м. Поверху колодец перекрывается металлическими решетками в количестве одной, двух и трех штук в зависимости от уклона лотка и размещения в нем колодца. Поэтому в плане дождеприемные колодцы могут иметь размеры 0,8 × 0,3; 1,6 × 0,3; 2,4 × 0,3 м. Как правило, дождеприемные колодцы устраивают из сборных железобетонных элементов, хотя они могут быть выполнены и из монолитного железобетона. Для уменьшения массы дождеприемные колодцы собирают из двух частей – верхней и нижней. Отверстие для перепускной трубы расположено в торцевой стенке дождеприемного колодца (рис. 2.23).

При устройстве дождеприемных колодцев выполняют следующие технологические операции: разбивка котлованов в устройством обносков; отрывка котлована под колодец и траншеи для перепускной трубы; устройство основания под колодец; монтаж сборных частей колодца, прокладка перепускной трубы, обратная засыпка котлована; выполнение гидроизоляции колодца.

После устройства обносков и разметки котлована и осей колодца производят отрывку котлована до проектной глубины без крепления его стенок. Траншею под перепускную трубу отрывают не доходя до проектной отметки на 0,25 её диаметра. Отрывка траншеи до её проектной отметки производится непосредственно перед укладкой в неё трубы перепуска. Далее производится отсыпка и уплотнение основания под колодец из щебня или шлака толщиной не менее 30 см.

SHAPE \\* MERGEFORMAT

Рис. 2.23. Дождеприемный колодец с тремя решетками из сборных железобетонных элементов:

*a* – продольный разрез; *б* – поперечный разрез; 1 – металлическая решетка; 2 – шов сопряжения аэродромного покрытия со стенкой дождеприемника из битумной мастики; 3 – слой пергамина; 4 – слой из пескобитума толщиной 2 см; 5 – гидрофобный грунт; 6 – цементная стяжка; 7 – щебеночное или шлаковое основание; 8 – труба перепуска; 9 – просмоленная пенька

Монтаж сборки частей колодца ведется с помощью крана. Нижняя часть колодца устанавливается согласно разбитым осям на цементную стяжку толщиной 2 см, уложенную на поверхность основания под колодец. Верхнюю часть колодца укладывают на слой раствора, нанесенной на поверхность нижней части. Далее производится укладка перепускной трубы и заделка мест её сопряжения со смотровыми колодцами. Эта заделка должна быть плотной, эластичной и водонепроницаемой.

Для предотвращения смерзания стенок дождеприемного колодца с обратной засыпкой её делают из щебня (дресвы, гравия), обработанного битумом или местным грунтом, обработанным водоотталкивающим составом (например, горячим жидким битумом и зеленым мылом).

Перепускные трубы засыпают слоями грунта толщиной 15-20 см с тщательным его уплотнением. Для предотвращения размыва грунта вокруг дождеприемника по дну корыта аэродромного покрытия устраивают гидроизоляцию в виде песчанобитумного коврика толщиной 2 см и шириной 1,5 м. Шов сопряжения аэродромного покрытия со стенками дождеприемного колодца заполняют битумной мастикой.

Металлические решетки дождеприемных колодцев делают из уголкового стали 50 × 15 мм (ребра решетки).

При строительстве аэродромных покрытий на набухающих, сильно пучинистых и просадочных грунтах вместо дождеприемных колодцев устраивают

дождеприемные воронки, которые отформовываются при бетонировании лоткового ряда плит. Перепускная асбестоцементная труба соединяет смотровой колодец со сварным коленом воронки при помощи стыковой муфты. Вода из воронки поступает через подвижный патрубок в сварное колено, а далее – по перепуску транспортируется в смотровой колодец. Конструкция такого дождеприемника позволяет одинаковое поднятие (опускание) воронки и покрытия при деформации грунтов основания [11].

*Тальвежные колодцы* предназначены для приема поверхностных вод из грунтовых лотков и пониженных участков летного поля с последующей транспортировкой этих вод по перепускным трубам в смотровые колодцы, а из них в коллекторы.

Тальвежные колодцы устанавливают большей стороной перпендикулярно направлению стока поверхностных вод или параллельно гидроизогипсам.

По конструкции тальвежные колодцы не отличаются от дождеприемных. Они устраиваются с решетками и двух-трех звеньев. Ширина колодцев в торцевой части в свету 0,3 м. Решетки должны быть на 8-10 см ниже прилегающей грунтовой поверхности, для сопряжения с которой вокруг них делается воронкообразная отмостка из щебня с пропиткой его битумом шириной 1 м (рис. 2.24).

SHAPE \\* MERGEFORMAT

Рис.2.24. Конструкция тальвежного колодца:

- 1 – щебеночная отмостка с пропиткой битумом на 6-8 см;
- 2 – решетка;
- 3 – стенки колодца;
- 4 – перепуск;
- 5 – щебеночное или шлаковое основание;
- 6 – цементная стяжка из раствора состава 1: 6 – 1: 8;
- 7 – гидрофобный грунт;
- 8 – упругая прокладка из просмоленной пеньки толщиной 1-1,5 см

Тальвежные колодцы могут устраиваться из монолитного бетона без армирования по месту их установки. Глубина тальвежных колодцев должна быть не менее 1 м, что обеспечивает высоту засыпки над перепуском не менее 0,75 м..

Технология устройства тальвежных колодцев практически идентична технологии устройства дождеприемных колодцев. Отличие состоит лишь в конструкциях примыкания колодцев к лоткам.

*Устьевые сооружения (оголовки)*, устраиваемые в начале или конце коллекторов, могут быть выходными, если они устанавливаются в местах примыкания коллекторов к открытым канавам, или входными, если они устраиваются в местах сброса воды из открытых канав в коллекторы. Обычно эти сооружения, входящие в системы водоотвода и дренажа аэродромов, как правило, сооружают из бетона или железобетона. Они состоят из подпорной стенки, открылков, лотка и предназначены для крепления конца трубы коллектора и укрепления мест слива воды (рис.2.25). В отдельных случаях оголовки устраивают из бут-



вого камня или кирпича.

SHAPE \\* MERGEFORMAT

Рис. 2.25. Конструкция устьевых сооружений (оголовков):

*a* и *б* – бетонное устье; *в* – устье из кирпича на бутовом основании; *1* – дерн; *2* – бетонный оголовок; *3* – кирпичная подпорная стенка; *4* – цементная штукатурка; *5* – песчаное основание; *6* – жирная мятая глина; *7* – патрубок диаметром 5 см и длиной 40 см; *8* – мощение из булыжника; *9* – основание подпорной стенки из бутового камня; *10* – слой цементного раствора; *11* – водоперехватывающая канавка

Подпорные стенки оголовков должны опираться на прочный и устойчивый фундамент, глубина заложения которого должна быть более глубины промерзания грунта, которая отсчитывается от дна канавы.

Кирпичные подпорные стенки строят толщиной в 1-1,5 кирпича, а бутовые – 50-60 см. Наружную поверхность кладки оштукатуривают цементным раствором. Превышение лотка трубы коллектора над дном водоотводной открытой канавы в выходных оголовках должны быть не менее 30 см, чтобы предотвратить возможность подпора воды в коллекторе.

Работы по возведению устьевых сооружений включают в себя разбивку сооружения на местности, рытье котлована под оголовок, устройство фундамента подпорной стенки, сооружение подпорной стенки, сопряжение трубы коллектора с оголовком, бетонирование откосов и лотка, обратную засыпку оголовка, планировку откосов.

При сооружении подпорной стенки возможны: работы по её монтажу из сборных блоков с использованием кранов; бетонирование в опалубке; кирпичная и бутовая кладка, работы по гидроизоляции внутренних поверхностей оголовка; оштукатуривание его внешних поверхностей.

Обратная засыпка оголовка производится послойно с тщательным уплотнением каждого слоя.

Дно и откосы водоотводной открытой канавы для приема воды из коллектора должны быть тщательно спланированы и укреплены во избежание её размыва. Для этого производится их мощение камнем.

Отмостка откосов производится на высоту, превышающую расчетный уровень воды в канаве на 25-30 см. Выше отмостки выполняется одерновка откосов водоотводной канавы.

## 2.6. Устройство закрывочных, экранирующих и глубинных дрен

Одной из основных причин преждевременного разрушения аэродромных покрытий и дорожных одежд является отсутствие в их конструкции дренирующего слоя или его устройства из грунта с низким коэффициентом фильтрации ( $K_{\phi} \geq 10000$  м/сут). В США [20] было установлено, что стоимость эксплуатации дорожных одежд с неудовлетворительным дренажом может в несколько раз превзойти стоимость их строительства.

Аэродромные покрытия и дорожные одежды особенно интенсивно повреждаются поверхностными водами, проникающими под них при выпадении дождей или таянии снега. Без быстрого отвода этих вод из-под покрытий в материале их оснований под действием самолетных или больших автомобильных нагрузок возникают гидродинамические процессы, разрушающие искусственные и естественные основания, материалы собственно покрытий и заполнения швов между их плитами. Поэтому для быстрейшего удаления воды из фильтрующих искусственных оснований аэродромных покрытий и дорожных одежд предусматривают устройство закомочных дрена (мелкого заложения) (рис. 2.26).

## SHAPE \\* MERGEFORMAT

Рис.2.26. Конструкция закомочной дрены:

1 – бетонное покрытие; 2 – лоток в кромке покрытия; 3 – укрепленная обочина (отмостка); 4 – геотекстиль; 5 – щебень; 6 – обертка из геотекстиля; 7 – дренажная труба; 8 – дренажный слой (искусственное основание)

Закомочные дрена располагают под обочинами (отмостками) аэродромных покрытий вдоль их кромок на расстоянии 1,25 м от них. Глубина заложения закомочных дрена определяется расчетом при их проектировании. Уклон закомочных дрена должен быть не менее 0,005.

Для закомочных дренажей аэродромных покрытий применяют асбестоцементные, пластмассовые и фильтровые трубы (трубофильтры).

Поскольку минимальный уклон закомочных дрена принимается равным 0,005, то при продольном уклоне аэродромного покрытия  $i < 0,005$  траншея для укладки закомочных дрена будет иметь уступы.

Закомочные дрена доводятся до смотровых колодцев, куда сбрасывают воду, поэтому их длина определяется расстояниями между смотровыми колодцами, установленными на коллекторах водоотводных и дренажных систем аэродромных покрытий.

*Асбестоцементные трубы*, применяемые для дренажей, изготавливают диаметром от 100 до 200 мм. Длина звеньев асбестоцементных труб диаметром 100-150 мм составляет 2950 мм, а большего диаметра – 3950 мм.

Стыки в асбестоцементных трубах закомочных дрена не заделываются, а остаются открытыми для возможности поступления в них дренажных вод. Кроме того, для повышения водозахватывающей способности дрена в асбестоцементных трубах нарезают пропилы до половины их диаметра или делают отверстия.

Для более надежного соединения и повышения эффективности осушения звенья асбестоцементных труб соединяют муфтами. Звенья асбестоцементных

труб диаметром более 155 мм соединяют асбестоцементными муфтами заводского изготовления, звенья меньшего диаметра – гладкими полиэтиленовыми муфтами, муфтами-вкладышами (гофрированными перфорированными или с пунктирными поясками) (рис.2.27). Они обеспечивают сплошность трубчатой дрены.

Рис. 2.27. Муфтовое соединение асбестоцементных труб:

*a* – гофрированная муфта-вкладыш; *б* – гладкая муфта-вкладыш; *1* – звенья асбестоцементных труб; *2* – гофрированная эластичная муфта-вкладыш; *3* – гофры муфты с перфорацией; *4* – цилиндрическая гладкая муфта-вкладыш; *5* – выступы на поверхности муфты для образования зазора и пропуска воды

При устройстве аэродромных покрытий на глинистых, пылеватых грунтах и мелкозернистых песках при устройстве дренажных слоев и закромочных дрен целесообразно дно корыта покрытия и стенки траншеи закромочной дрены покрывать синтетической тканью (геотекстилем типа террам или дорнит). Это предотвращает заиливание дренажного слоя и щебеночной засыпки закромочных дрен и способствует эффективному отводу поверхностных вод из-под покрытий.

*Пластмассовые дренажные трубы* изготавливают двух типов: гибкие (полиэтиленовые) и жесткие (поливинилхлоридные). Полиэтиленовые дренажные гофрированные трубы используются для устройства горизонтальных дренажей с глубиной заложения 2,0, 2,5 и 5 м. Их выпускают наружными диаметрами 50,63 и 75 мм для заложения на глубину до 2 м; 90, 110 и 125 мм – до 2,5-5 м. Полиэтиленовые жесткие трубы поставляют в бухтах по 200м. Трубы перфорированы круглыми отверстиями площадью до 2%. Водоприемные отверстия размещены между гофрами, что способствует повышению их водозахватывающей способности.

Поливинилхлоридные гладкие трубы перфорированы круглыми отверстиями в шахматном порядке или щелевыми отверстиями. К настоящему времени разработаны многочисленные конструкции пластмассовых труб: гибкие витые трубы, гибкие со сквозным водоприемным отверстием и др. (рис. 2.28).

Пластмассовые дренажные трубы имеют ряд преимуществ по сравнению с асбестоцементными. Они гораздо легче чем асбестоцементные, проще в укладке и стыковании звеньев, имеют меньшую материалоемкость. Производительность работ при устройстве дренажей с пластиковыми трубами выше, чем с применением асбестоцементных дренажных труб.

*Фильтровые дренажные трубы* изготавливают из беспесчаного цементобетона с заполнителем из дресвы, гравия, керамзита, кислого шлака с крупностью зерен 3-8 мм. В качестве вяжущего используют портландцемент марки не ниже 500. Наиболее эффективными в работе показали себя трубофильтры со средним

диаметром пор 0,5-0,8 мм. Поперечное сечение трубофильтров - круглое, диаметром 50-100 мм. При диаметре трубофильтра

Рис. 2.28. Пластмассовые дренажные трубы [23]:

*a* – гибкие кольцеобразные гофрированные трубы, перфорированные круглыми водоприемными отверстиями; *б* – жесткие со щелевой перфорацией *в* - жесткие с круглой перфорацией; *г* – жесткие с самозащитными отверстиями; *д* – гибкие со сквозным водоприемным отверстием внахлестку

≥ 150 мм их изготавливают с наружной плоской подошвой, иногда называемой полкой. Трубофильтры собирают из отдельных звеньев (длиной 850 или 1000 мм), соединяемых внутренними муфтами. Они одновременно выполняют функции как водосборной и водопроводящей трубы, так и фильтра, поэтому в определенных условиях, песчаных грунтах, кроме пылеватых песков не требуется устройства дополнительной рыхлой отсыпки. В связных грунтах и пылеватых песках трубофильтры устраивают с оберткой геотекстилем или песчаной отсыпкой. При применении трубофильтров повышается эффективность дренирования по сравнению с дренами, имеющими водонепроницаемые стенки. Недостатком трубофильтров является хрупкость, что осложняет их перевозку и грузочно-разгрузочные работы на месте укладки.

С учетом материала и диаметра труб (трубофильтров) устанавливают допустимую глубину их укладки. Так максимальная глубина укладки асбоцементных труб составляет 6,5 м, пластмассовых – 4 м, трубофильтров – 3,5 м.

Для понижения уровня, перехвата и отвода подземных вод в естественных основаниях аэродромных покрытий вдоль их кромок устраивают глубинные дренажи (рис. 2.29).

Глубинные дренажи могут одновременно выполнять и функции закрочных дренажей. В этом случае фильтрующая засыпка дренажа доводится до пористого материала искусственного основания аэродромного покрытия (дренажного слоя).

Если глубинные дренажи используют только для понижения или перехвата подземных вод, то фильтрующую засыпку дренажа не доводят до пористого основания (дренажного слоя) аэродромного покрытия. Ее укладывают лишь вокруг труб. Диаметры труб глубинных дренажей обычно принимают равными 100-150 мм без расчета. Ширину засыпки принимают на 200-300 мм больше наружного диаметра дренажной трубы. Вместо рыхлых фильтрующих обсыпок в качестве фильтров дренажных труб оказалось выгоднее применять минеральные волокнистые материалы (рис. 2.30).

Рис. 2.29. Схема действия глубинных дренажей аэродромного сооружения:

1 – грунтовая обочина; 2 – отмотка; 3 – цементобетонное покрытие; 4 – глубинная дрена; 5 – уровень грунтовых вод; 6 – сниженный уровень грунтовых вод; 7 – закрочная дрена; 8 – глубинная экранирующая дрена; 9 – грунтовой поток

Рис.2.30. Схема фильтров из минеральных волокнистых материалов и геотекстиля типа террама, дорнит [23]:

*a* – с асбестоцементной трубой; *б* – с пластмассовой трубой; 1 – труба;  
2 – маты из штапельного, базальтового или пластмассового волокна;  
3 – пропилен; 4 – песок; 5 – геотекстиль; 6 – клеевое соединение;  
7 – водопримные отверстия в дренажной трубе; 8 – направление  
дренажных вод; 9 – щебень, втрамбованный в грунт дна траншеи

ны промерзания грунтов, но в пределах допустимой глубины, исходя из прочности дренажных труб.

Глубинные дрены, устраиваемые для перехвата воды, поступающей к покрытиям со стороны, называют экранящими дренами или экран-дренами. Их располагают под укрепленной обочиной аэродромного покрытия (отмосткой) со стороны движения грунтового потока. На противоположной стороне покрытия при необходимости устраивается только закрочная дрена.

## 2.7. Технология устройства дренажных систем аэродромов

Работы по закладке закрочных и глубинных дрен начинают после укладки лоткового (крайнего) ряда плит искусственного покрытия, устройства коллектора со смотровыми колодцами и полного завершения земляных и планировочных работ вдоль продольной кромки покрытий, в пределах обочин. Ось траншей для закрочных и глубинных дрен закрепляют вехами. Отрывку траншей осуществляют экскаватором с обратной лопатой до проектных отметок с креплением стенок траншей. При необходимости производят осушение участка закладки дренажей иглофильтровыми водопонизительными установками. Вынутый грунт укладывают в виде вала вне полосы призмы обрушения. Далее, в соответствии с проектом, устраивают основание под дренажные трубы или укладывают маты из штапельного, базальтового стекловолокна, следя за строгим соблюдением продольного уклона дренажа. На подготовленное основание укладывают дренажные трубы, которые укрывают матами или же оборачивают в фильтровую ткань (геотекстиль). Конец дренажной трубы вводят в отверстие в стенке смотрового колодца. Образовавшуюся кольцевую щель между стенкой

смотрового колодца и дренажной трубой заделывают водонепроницаемым упругим материалом. После закупорки отверстия в верхней части дрены её засыпают песком с разборкой нижних звеньев креплений траншеи и уплотнением песчаной засыпки. Если глубинные дрены служат одновременно и закромочными, то дно и стенки траншеи обкладывают фильтровой тканью. На дно траншеи с уложенной фильтровой тканью укладывают дренажные трубы, после чего засыпают дресвой или гравием, доводя обсыпку дрен до подошвы дренажного слоя (искусственного основания) аэродромного покрытия.

При установке закромочного дренажа можно использовать средства механизации, оборудованные бухтодержателем полимерных гибких гофрированных труб, барабаном с геотекстилем, лазерной установкой, наличие которой гарантирует строгое соблюдение уклона труб. Труба автоматически укладывается в траншею, вырытую этим же дренаукладчиком. После укладки дрен траншеи засыпают дресвой или гравием, доводя обсыпку до дренажного слоя аэродромного покрытия.

## **2.8. Организация работ по устройству водоотводных и дренажных систем жестких аэродромных покрытий**

Строительство водоотводной и дренажной систем аэродрома включает в себя устройство всех входящих в эти системы элементов водоотвода и дренажа, поскольку, как правило, для отвода за пределы аэродрома поверхностных и дренажных вод используются коллекторы водоотводной и дренажной системы аэродромных покрытий.

Исходя из этого, при организации работ по строительству водоотводной и дренажной системы аэродромных покрытий приходится увязывать последовательность выполнения работ по устройству коллекторов водоотводной и дренажной системы аэродромных покрытий с устройством лотков, дождеприемных колодцев, перепусков и закромочных (глубинных) дрен, сбрасывающих в них воду с поверхности покрытий, искусственных и естественных оснований, а также с устройством элементов водоотвода и дренажа на грунтовых участках летного поля – осушителей и собирателей, грунтовых лотков, тальвежных колодцев. Все эти работы частично или полностью должны быть охвачены поточным методом их производства.

Строительство водоотводной и дренажной системы аэродромных покрытий с учетом выполнения остальных работ по водоотводу и дренажу на аэродроме обычно ведется в следующей последовательности. Сначала производится отрывка нагорных и открытых (ловчих) и водоотводных канав, после чего начинают строительство коллекторов. Их следует построить до начала земля-

ных и планировочных работ на участках аэродромных покрытий. Поэтому коллекторы строятся там, где запроектированы аэродромные сооружения: ВПП, перроны, РД и МС. Причем их строительство должно быть завершено к моменту готовности на аэродромных покрытиях рядов плит с лотками дождеприемников и перепускных труб с тем, чтобы коллектор и построенные на нем смотровые колодцы могли бы принимать и отводить поверхностные воды. Параллельно ведут работы по устройству закрочных и глубинных дрен.

Устройство коллектора целесообразно выделять в отдельный самостоятельный поток. Проект организации работ по поточному строительству коллектора разрабатывают в следующей очередности:

Определение объемов работ по отдельным технологическим операциям (отрывка траншей, устройство оснований под трубопровод, строительство смотровых колодцев на коллекторе).

Установление сроков поточного строительства (наиболее раннее начало, наиболее позднее окончание) с выделением периодов нецелесообразного производства работ. Намеченную дату начала строительства коллектора увязывают с датой окончания подготовительных работ.

Разработка технологической схемы устройства коллектора (рис. 2.31).

Выделение перечня технологических операций для реализации работ по строительству коллектора в соответствии с принятой технологической схемой его устройства.

Определение продолжительности выполнения каждой технологической операции.

Установление требуемой скорости потока в смену с учетом п.п. 1 и 5. (деление объема работ на время выполнения каждой рабочей операции).

Для каждой рабочей операции назначают способ её выполнения (ведущая машина, профессия и квалификация рабочих). Вычисляют нормативную производительность исполнителей (звена).

Подсчет требуемого количества звеньев для выполнения каждой технологической операции (частное от деления показателей п.п. 6 и 7). С учетом полученных результатов комплектуют бригаду для производства работ поточным методом по строительству коллектора.

Разработка технологической схемы на строительство коллектора поточным методом.

Рис.2.31. Технологическая схема устройства коллектора из железобетонных труб на бетонном основании [8]:

- I* – установка опалубки, бетонирование основания; *II* – выдерживание бетона основания;
- III* – укладка труб, монтаж смотровых колодцев; *IV* – заделка стыков труб; *V* – бетонирование пазух;
- VI - VII* – выдерживание пазух и проверка коллектора на водопроницаемость;
- VIII* – засыпка траншей; *1* – передвижная электростанция; *2* – площадный вибратор;
- 3* – лоток для подачи бетонной смеси; *4* – передвижной щит для бетонной смеси; *5* – автомобиль-

самосвал; 6 – кран; 7 – ящик для цементного раствора; 8 – битумный котел; 9 – глубинный вибратор; 10 – бульдозер; 11 – компрессор; 12 – пневматические трамбовки

Для технологической схемы, изображенной на рис.2.31, где представлен пример организации поточного метода производства работ по строительству коллектора из железобетонных труб диаметром 1 м и длиной 1 м на монолитном бетонном основании, предусмотрена следующая последовательность технологических операций.

*Первое звено* в составе трех человек (машинист электростанции и два бетонщика) бетонируют основание под трубы и пазухи. Первую половину смены звено работает на первой захватке по устройству основания. Вторую половину смены звено перемещается на пятую захватку для бетонирования пазух.

*Второе звено* состоит из восьми человек (машинист крана, три трубоукладчика, два монтажника, один бетонщик, один аэродромный рабочий). В задачу аэродромного рабочего входит: очистка поверхности бетонного основания от песка, укладка бетонных труб, монтаж смотровых колодцев с сопутствующими работами: подливка под трубы цементного раствора, заделка стыков между кольцами колодца, бетонирование лотков внутри смотровых колодцев. После сборки смотрового колодца монтажники переходят на укладку труб.

*Третье звено* (три изолировщика) выполняют очистку поверхности концов и торцов труб, заделку стыков между звеньями труб.

*Четвертое звено* (три человека – машинист компрессора и два землекопа с периодическим участием машиниста бульдозера) производят засыпку труб в траншее коллектора грунтом, разравнивание грунта в траншее, послойное уплотнение грунта пневматическими трамбовками.

На устройство 100 м коллектора данной конструкции силами указанных четырех звеньев рабочих и механизаторов требуется примерно от 70 до 80 чел.-дней.

## **2.9. Контроль качества и приемка строительных работ**

На всех этапах строительства водоотводной и дренажной системы аэродрома постоянно осуществляется контроль качества и приемка законченных работ. Проверяются качество поступающих на стройку строительных материалов и изделий, инструментов и инвентаря. Производится проверка выполнения всех технологических процессов как при выполнении работ на всех захватках участка строительства, так и их освидетельствование по окончании этих работ, особенно скрывааемых при выполнении последующих технологических процессов.

Приемка работ с составлением акта освидетельствования скрытых работ производится при:

отрывке траншей с проверкой ее прямолинейности, ровности дна, соответствия отметок и уклонов дна проектным;



устройстве оснований под трубы, смотровых, дождеприемных и тальвежных колодцев, перепусков и соответствия выполненных работ требованиям проекта; укладке труб с проверкой их опирания на основание, центровки, стыковки, соответствия уклонов и отметок лотков труб проектным; гидроизоляции труб, стыков труб, стенок колодцев; обратной засыпке траншей с проверкой качества уплотнения уложенного слоями грунта и его соответствия требованиям проекта, качества фильтрующих материалов при устройстве закрывочных и глубинных дрен, качества заполнения пустот в отверстиях колодцев при их соединении с перепусками и дренами.

При приемке строительных работ руководствуются следующими требованиями к их исполнению:

отклонение уклона дна траншей и канав от проектных не должны быть более  $\pm 0,5\%$  при непременном соблюдении общего направления проектного уклона. Отклонения отметок отдельных точек дна от проектных не должно превышать  $\pm 2$  см. Зазоры между рейкой и дном не должны превышать 1,5 см. Оси траншей не должны отклоняться от прямолинейности более чем на 10 см; отношение уклонов поверхности основания под трубы коллектора не должно превышать  $\pm 0,5\%$  при обязательном сохранении проектного направления уклонов;

зазоры между трехметровой рейкой и поверхностью основания для всех их типов не должны быть более 0,5 см. Толщину основания следует проверять не реже чем через 10 м, отклонение от проектной толщины не должны превышать  $\pm 0,5$  см;

прямолинейность уложенных участков труб контролируют по отражению луча света, направленного из одного колодца, в зеркале, опущенном в другой (соседний) колодец. Отражение света в виде окружности свидетельствует о прямолинейности контролируемого участка трубопровода. Отклонение отражения от окружности по горизонтали допускается не более чем на 50 мм в каждую сторону;

вертикальные отклонения положения труб от проектных не должны превышать  $\pm 10$  мм. Отметки лотков в колодцах не должны отклоняться от проектных более чем на  $\pm 5$  мм;

отклонение отметок лотка каждой трубы коллектора (собирателя) не должно превышать проектные отметки более чем  $\pm 0,5$  см. Проверить уклон трубопровода можно при помощи стального шара. Если на проверяемом участке звена труб уложены качественно, то шар, опускаемый с верхнего конца участка трубопровода, беспрепятственно пройдет по его лотку и выкатится с нижнего конца;

отклонение отметок поверхности основания под колодцы от проектных не должно превышать  $\pm 1$  см.;

водонепроницаемость трубопроводов и колодцев проверяется замером утечки

воды на испытываемом участке.

Проверка коллекторов должна начинаться не ранее чем через 24 ч с момента заполнения испытываемого участка водой. Величина утечки воды в сутки не должна превышать величины, указанной в табл. 2.6.

Таблица 2.6. Допустимые величины утечки воды из коллектора

Материал трубопровода	Диаметр трубопровода
	до 150 200 250 300 350 400 450 500 550 600
Допускаемая величина утечки (поступления) воды на 1 км трубопровода, м <sup>3</sup>	

Из бетонных, железобетонных и асбестоцементных (на цилиндрических муфтах) труб

7

20

24

26

30

32

34

36

38

40

- Примечания. 1. Для трубопроводов диаметром свыше 600 мм следует увеличивать допустимую величину утечки на  $4 \text{ м}^3/\text{км}/\text{сут}$  на каждые 100 мм увеличения диаметра труб.
2. Допустимые утечки воды из коллекторов, сооруженных из других материалов, должны приниматься такими же, как для трубопроводов из железобетонных труб, равновеликими по площади поперечного сечения.
3. При испытании трубопровода давлением свыше 4 м величина утечек, указанных в таблице, должна быть увеличена на 10 % на каждый метр давления.

При выявлении отдельных мест с заметной утечкой воды следует установить и устранить вызывающие её причины.

## **2.10. Техника безопасности при устройстве водоотводных и дренажных систем аэродромов**

Техника безопасности при строительстве водоотводных и дренажных систем аэродромов должна быть обеспечена подрядной строительной организацией в строгом соответствии с утвержденными правилами техники безопасности при строительстве, ремонте и содержании аэродромов (автомобильных дорог).

При выполнении технологических процессов особое внимание должно быть обращено на обеспечение безопасности работ при отрывке траншей и котлованов, укладке труб в траншеях, работе с электроинструментом, изоляцион-

ных работах, разборке креплений стенок траншей и обратной засыпке траншей грунтом, складировании материалов и изделий.

Основной опасностью при проведении земляных работ является возможное обрушение грунта в процессе отрывки траншей и котлованов, а также последующих работ при устройстве оснований, укладке трубопроводов, строительстве колодцев и устьевых сооружений.

Извлекаемый из котлованов и траншей грунт следует укладывать на расстоянии не менее 0,5 м от их бровок. В пределах призмы обрушения грунта котлованов и траншей, не имеющих крепления стенок, не допускается устанавливать какие-либо машины. Не допускается разрабатывать грунт способом "подкопа". При обнаружении на стенках траншей или откосах валунов, глыб мерзлого или твердого грунта "kozyрьков" или трещин следует немедленно удалить людей из траншеи, а грунтовый откос обрушить и выполнить заново более пологим. При разработке котлованов и траншей без креплений их стенок следует строго соблюдать рекомендуемую в проектной документации или утвержденных правилах по техники безопасности крутизну откосов. Производство работ в котлованах и траншеях, подвергшихся увлажнению атмосферными осадками или подземными водами, разрешается только после осмотра производителем работ состояния стенок и откосов котлованов и траншей.

В местах движения людей через траншеи и канавы устраивают мостики шириной не менее 0,6 м с установкой двусторонних перил высотой 1 м.

Крепление стенок траншей должно быть выполнено согласно установленным правилам и типовым проектам. Работу креплений производят только в присутствии мастера или прораба.

При монтаже трубопроводов наибольшую опасность представляют работы, связанные с разгрузкой и погрузкой труб, транспортированием их и укладкой в траншеи, заделкой их стыков изоляцией.

Перед началом работ по опусканию труб в траншею должны быть проверены стропы, канаты, трубоукладочные машины. Раструбные трубы при опускании их в траншею должны быть застроплены так, чтобы раструб был выше гладкого конца. Не допускается скатывание в траншею труб с помощью лома и ваг. При опускании труб, колец сборных колодцев или других элементов рабочие должны находиться на безопасном расстоянии от опускаемых грузов.

К работам по обслуживанию электроустановок допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медосмотр, имеющие соответствующую квалификационную группу по энергобезопасности.

Все лица, занятые на строительном-монтажных работах, должны быть обучены безопасным способам прекращения действия электрического тока на человека и оказанию первой доврачебной помощи при электротравме.

На строительных открытых площадках котлы для варки мастик устанавливают на заранее спланированной территории. Расстояние до ближайших строящихся объектов должно быть не менее 50 м, до бытовок, траншей и котлова-

нов – не менее 15 м. Запас битума и топлива не разрешается располагать ближе 5 м от котла.

Не допускается использовать в работе битумные мастики, разогретые до температуры свыше 180° С. Битумные котлы должны быть оборудованы приборами для измерения температуры. Заполнение котлов битумом производится не более чем на  $\frac{3}{4}$  вместимости. Попадание в котел вместе с битумом воды, льда, снега недопустимо. Внутри помещения использование открытого огня для подогрева битумных составов запрещается. Транспортировать горячие битумные мастики следует в металлических термосах или бачках, имеющих форму усеченного конуса, обращенного широкой частью вниз, с плотно закрывающимися крышками с запорными устройствами. Заполнение бачков более чем на  $\frac{3}{4}$  не разрешается. Небольшие емкости для переноски вручную заполняются с помощью черпаков с длинной ручкой. Одежда рабочих, занятых приготовлением и использованием горячих битумных мастик, должна плотно застегиваться вокруг шеи, рук и ног.

Смешивать битум с растворителем рекомендуется на расстоянии не менее 50 м от места разогрева. При смешивании разогретый битум вливают в растворитель. Не допускается вливать растворитель в расплавленный битум. Температура битума при приготовлении праймера не должна превышать 70°С. Перемешивание осуществляется деревянными мешалками. Хранить праймер нужно в металлической таре с завинчивающимися крышками, изготовленными из материалов, не образующих искр. Отвинчивать крышки с помощью зубила и молотка запрещается.

Горячую битумную мастику в таре следует опускать в траншеи и котлованы только на прочной проверенной веревке, при этом все лица, находящиеся внизу, должны отойти в сторону на безопасное расстояние.

Складирование материалов и изделий на строительном объекте должно осуществляться в соответствии с требованиями стандартов и технических условий, по которым они выпускаются. Рекомендуются следующие способы складирования некоторых материалов и изделий:

Трубы диаметром до 300 мм	–	в штабелях высотой до 3 м на подкладках и прокладках с концевыми упорами.
Трубы диаметром более 300 мм	–	в штабелях без прокладок высотой до 3 м "в седло" . Нижний ряд на подкладках с боковыми упорами.
Пиломатериалы	–	в штабелях высотой

		при (рядовой укладке) не более половины ширины штабеля.
Битум	–	в таре, исключаяющей его растекание, или в ямах с ограждением.
Кирпич	–	в два яруса на поддонах; в один ярус в контейнерах; без контейнера – высотой до 1,7 м
Сыпучие материалы	–	в штабелях с крутизной откоса, равной углу естественного откоса данного материала.

Организация складского хозяйства на строительных объектах должна разрабатываться в проектах производства работ. При открытом хранении материалы, изделия и оборудование необходимо размещать на выровненных площадках (желательно с твердым покрытием), обеспечивая меры против самопроизвольного их смещения, осыпания, раскатывания и обрушения в грунтовые выработки.

PAGE

PAGE 75

### ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ

#### 8.1. Требования к цементобетону и материалам для его приготовления

Цементобетон является основным материалом всех видов жестких аэродромных покрытий, называемых цементобетонными. Несмотря на то, что жесткие аэродромные покрытия отличаются друг от друга своей конструкцией, они имеют общий признак – цементобетонную поверхность, во многом определяющий их эксплуатационные качества.

Согласно СНиП 32-03-96 строительство жестких покрытий следует, как правило, выполнять из тяжелого цементобетона (бетона), отвечающего требованиям ГОСТ 26633. Состав бетона подбирают по ГОСТ 27006, а приготовление и транспортирование бетонных смесей производят в соответствии с требованиями ГОСТ 7473.

Допускается применять мелкозернистый бетон, отвечающий требованиям ГОСТ 26633, при этом класс по прочности на сжатие при использовании его в однослойном или верхнем слое двухслойного покрытия должен быть не менее В30.

Цементобетон аэродромных покрытий в процессе их эксплуатации подвергается действию механических, химических и природных факторов, негативно влияющих на его прочность, работоспособность и долговечность.

При движении самолетов по поверхности аэродромных покрытий, взлетная масса которых достигает 600 т, возникают динамические нагрузки, вызывающие усталостные деформации в бетоне, а колеса самолетов, газовоздушные высокотемпературные струи авиадвигателей вместе с механизмами для очистки поверхности покрытия от льда и снега существенно влияют на износ поверхности. Отрицательное влияние на прочность цементобетонных покрытий и состояние их поверхности оказывают и химические реагенты, используемые для борьбы с гололедом, разлитые авиатопливо и масла. Физическому и химическому выветриванию аэродромных покрытий, а значит снижению их прочности, появлению нежелательных повреждений их поверхности, снижению ровности поверхности покрытий способствуют агенты атмосферы (резкие колебания температуры воздуха, солнечная радиация, атмосферные осадки, ветер, мороз).

Для того, чтобы цементобетон аэродромных покрытий мог бы оказывать необходимое сопротивление указанным внешним эксплуатационным и природным воздействиям, он должен обладать необходимой прочностью и морозостойкостью. Кроме того, бетонная смесь для получения цементобетона с заданными характеристиками должна в полной мере отвечать принятым методам и средствам технологии работ по бетонированию аэродромных по-

крытий с учетом их вида и конструкции (монолитных, предварительно напряженных, сборных).

Свойства цементобетона (затвердевшей бетонной смеси) определяются качеством и характеристиками цемента, крупного и мелкого заполнителей, воды, водоцементным отношением, степенью уплотнения, соблюдением требований ухода за бетоном, возрастом бетона.

Работоспособность и долговечность цементобетонного аэродромного покрытия, определяющие его высокие эксплуатационные качества, зависят от основных свойств цементобетона: прочности, морозоустойчивости и удобоукладываемости.

Прочность бетона в проектном возрасте характеризуют классами прочности на сжатие, осевое растяжение, растяжение при изгибе.

Бетон определенного класса получают из подобранного состава его составляющих при надлежащих условиях изготовления.

В соответствии с [22] классы бетона по прочности на растяжение при изгибе необходимо принимать не ниже указанных в табл. 3.1.

**Таблица 3.1. Классы бетона по прочности на растяжение при изгибе, применяемого при строительстве жестких аэродромных покрытий**

Аэродромные покрытия	Минимальный класс бетона по прочности на растяжение при изгибе
Однослойные и верхний слой двухслойного монолитного покрытия из бетона, армобетона, железобетона (с ненапрягаемой арматурой)	$B_{1g}$ 4,0
Нижний слой двухслойного покрытия и подшовные плиты	$B_{1g}$ 2,8
Сборное из железобетонных предварительно напряженных плит, армированных: проволочной арматурой или арматурными канатами;	$B_{1g}$ 4,0
стержневой арматурой	$B_{1g}$ 3,6

**П р и м е ч а н и я:** 1. Для сборных предварительно напряженных железобетонных плит должно быть обеспечено дополнительное требование к минимальному проектному классу прочности бетона на сжатие: В30 – для плит, армированных проволочной арматурой или арматурными канатами, и В25 – для плит, армированных стержневой арматурой.

2. Для однослойных и верхнего слоя двухслойных покрытий, рассчитанных на нагрузки с давлением воздуха в пневматиках колес не более 0,6 МПа, допускается при соответствующем технико-экономическом обосновании применять бетон класса прочности на растяжение при изгибе  $B_{1g}$  3,2.

По виду заполнителей и их крупности цементобетоны, применяемые в дорожном и аэродромном строительстве, разделяют: на крупнозернистые



(предельная крупность заполнителя 70 мм); среднезернистые с крупностью зерен заполнителя 49 – 20 мм; мелкозернистые бетоны с максимальной крупностью зерен заполнителя 10 мм.

Разновидностью мелкозернистых цементобетонов являются песчаные бетоны, в которых крупный заполнитель отсутствует. В таких бетонах крупность зерен составляет не менее 5 мм.

Крупнозернистые бетоны используют при устройстве бетонных искусственных оснований аэродромных покрытий. Среднезернистые бетоны с предельной крупностью щебня 40 мм применяют для однослойных аэродромных бетонных покрытий и нижнего слоя двухслойного покрытия и 20 мм – для верхнего слоя двухслойного покрытия.

Мелкозернистые бетоны допускаются применять в однослойном или верхнем слое двухслойного покрытия.

В последнее время мелкозернистый бетон плотной структуры (на цементном вяжущем и мелком плотном заполнителе – песке) наиболее часто используется в тех районах страны (при любых условиях твердения), где отсутствует крупный заполнитель. Применение такого бетона оказывается экономически более выгодным, несмотря на некоторый перерасход цемента по сравнению с обычным тяжелым бетоном.

Морозостойкость бетона определяется числом циклов попеременного замораживания и оттаивания образцов в насыщенном водой состоянии, которое выдерживают бетонные образцы в возрасте 28 или 7 сут (после тепловой обработки) без снижения прочности на сжатие более 25 % и без потери массы более 5 %.

Для нижнего слоя двухслойных покрытий марку бетона по морозостойкости следует принимать при среднемесячной температуре наиболее холодного месяца, °С:

от 0 до минус 5 – не ниже F50;

от минус 5 до минус 15 – не ниже F75;

ниже минус 15 – F100.

Марку бетона по морозостойкости для однослойных и верхнего слоя двухслойных покрытий следует назначать в соответствии с картой, представленной на рис 3.1.

Морозостойкость бетона обеспечивается применением морозостойкого щебня, специального портландцемента с созданием однородной структуры при оптимальном расходе цемента и минимальном водоцементном отношении, а также введением в смесь гидрофобных и воздухововлекающих добавок (табл. 3.2). Для аэродромных однослойных и верхнего слоя двухслойных покрытий водоцементное отношение в бетонной смеси должно быть не более 0,50, а для нижнего слоя двухслойных покрытий – не более 0,60.

*Удобоукладываемость* бетонной смеси определяет строение и свойства затвердевшего бетона и характеризует способность бетонной смеси заполнять форму при данном способе её уплотнения.

Удобоукладываемость бетонной смеси характеризуется подвижностью и жесткостью.

Рис. 3.1. Районирование территории СНГ по требуемой морозостойкости бетона для однослойных и верхнего слоя двухслойных покрытий [22].

**Таблица 3.2. Потребный объем вовлеченного воздуха в бетонной смеси для аэродромных покрытий**

Конструктивный слой покрытия	Объем вовлеченного воздуха в бетонной смеси % для бетона	
	тяжелого	мелкозернистого
Однослойный и верхний слой двухслойных покрытий	5-7	9-7
Нижний слой двухслойных покрытий	3-5	1-12

*Подвижность* определяется величиной осадки в сантиметрах конуса, отформованного из бетонной смеси в стандартной форме-конусе.

*Жесткость* определяется временем работы вибратора в секундах, которое необходимо для опускания штанги стандартного технического вискозиметра, заполненного испытываемой бетонной смесью.

Подвижность и жесткость бетонной смеси назначают с учетом вида и размера конструкции, насыщения её арматурой, принятого способа транспортирования и уплотнения (табл. 3.3).

Условия бетонирования аэродромных покрытий и их оснований выдвигают ряд других технологических требований, таких как: устойчивость против расслоения, удобообрабатываемость и деформативность.

**Табл. 3.3. Рекомендуемая подвижность и жесткость бетонной смеси для аэродромных покрытий**

Метод уплотнения бетонной смеси	Подвижность (осадка конуса), см	Жесткость, с
Уплотнение и отделка покрытия бетоноукладочными машинами	1-2	10-20
Уплотнение вибраторами и виброрейками	2-3	5-10
Уплотнение сборных плит на виброплощадках в заводских условиях	0	50-60

**П р и м е ч а н и я.** 1. При проектировании состава бетонной смеси, укладываемой в скользящей опалубке, показатели подвижности и жесткости устанавливаются на месте укладки в зависимости от принятой скорости движения бетоноукладчика (табл. 3.4).

2. При проектировании состава бетонной смеси, укладываемой в сборной опалубке (рельс-формах), подвижность бетонной смеси (осадка конуса) должна быть не более 2 см, а жесткость – не менее 15 с.

**Таблица 3.4. Рекомендуемая подвижность и жесткость бетонной смеси для аэродромных покрытий, бетонируемых бетоноукладчиком со скользящей опалубкой [21]**

Скорость движения бетоноукладчика, м/мин	Подвижность (осадка конуса), см	Жесткость, с
2,0 и менее	(1-3) / 2	8-10
от 2,0 до 2,5	(2-4) / 3	5-8
от 2,5 до 3,0	(3-5) / 4	3-5

**П р и м е ч а н и я.** 1. В числителе – пределы подвижности смеси, в знаменателе – среднее значение.

2. Во избежание недопустимых деформаций кромок и боковых граней покрытия не следует использовать бетонные смеси с осадкой конуса на месте укладки более 4 см, а при устройстве многополосных покрытий – более 2 см.

**Устойчивость** бетонной смеси означает её способность сопротивления расслоению в процессе транспортирования, выгрузки и укладки. Расслоение

бетонной смеси – это разделение её на составные части слоями (цементное молоко, растворная часть, крупный заполнитель).

Устойчивость бетонных смесей зависит от их вязкости, свойств составных частей и соотношения между ними. Малоподвижные и жесткие бетонные смеси, низкие водоцементные отношения, высококачественные цементы (характеризуемые малым водоотделением), пластифицирующие и особенно воздухововлекающие добавки способствуют увеличению вязкости бетонных смесей, обеспечивают их потребную устойчивость против расслоения.

*Удобообрабатываемость* бетонной смеси характеризуется возможностью образования высококачественной поверхности аэродромного покрытия с использованием принятых средств уплотнения и отделки бетона. Это требование особенно актуально для бетонных смесей строительства аэродромных покрытий, поскольку высокое качество их поверхности в первую очередь способствует обеспечению безопасности взлетно-посадочных операций самолетов. Оно также способствует повышению долговечности аэродромных покрытий.

*Деформативность* свежееуложенного бетона определяет его способность сопротивления деформированию после распалубки под действием собственной массы. Особенно это свойство актуально при укладке бетона бетоноукладчиками со скользящими формами, когда "распалубка" производится через 3-5 мин. При такой быстрой распалубке бетонные смеси должны обладать соответствующими структурно-механическими свойствами.

*Цемент.* В соответствии с [5] в качестве вяжущих материалов для цементобетона, используемого при строительстве жестких аэродромных покрытий, должен применяться портландцемент на основе клинкера с нормативным минералогическим составом по ГОСТ 10178-85. С целью обеспечения потребной морозостойкости цементобетона содержание в портландцементе трехвалентного алюмината не должно превышать 8 % по массе.

По прочности при сжатии в 28-суточном возрасте портландцемент подразделяют на марки 400, 500, 550 и 600.

Условное обозначение цемента должно состоять из:

- наименования типа цемента – портландцемент, шлакопортландцемент сокращенно ПЦ и ШПЦ;
- марки цемента;
- обозначения максимального содержания добавок в портландцементе ПЦ-ДО – добавки не допускаются; ПЦ-Д 5 – до 5 % по массе, ПЦ-Д 20 – свыше 5 до 20 %; ШПЦ – свыше 20 до 80 %.
- обозначение быстротвердеющего цемента – Б;
- обозначение пластификации и гидрофобизации – ПЛ, ГФ;
- обозначение цемента на основе клинкера нормированного состава – Н;
- обозначения стандарта;

Пример условного обозначения портландцемента марки 400 с добавками до 20 %, быстротвердеющего, пластифицированного:

## Портландцемент 400-Д20-Б-ПЛ ГОСТ 10178-85.

Выбор марки цемента определяется проектной прочностью цементобетона. Марка цемента должна быть, как правило, выше класса бетона. При этом следует помнить, что повышенное содержание цементного камня в бетоне, кроме того, приводит при прочих равных условиях к снижению его долговечности.

Для бетона аэродромных покрытий следует использовать следующие типы цемента:

ПЦ 400-ДО-Н, ПЦ 500-ДО-Н, ПЦ 400-Д20-Н, при применении в качестве добавки гранулированного шлака не более 15 % по массе.

Начало схватывания портландцемента для аэродромных покрытий должно наступать не ранее 2 ч от начала затворения водой цемента.

Кроме указанных выше типов цемента в практике аэродромного строительства применяются специальные его виды: пластифицированный, который в отличие от обычного портландцемента придает бетонным смесям повышенную подвижность и удобоукладываемость, а затвердевшим бетонам – повышенную морозостойкость. Его получают в результате введения при помоле в обычный портландцемент пластифицирующей поверхностно-активной добавки. Добавку вводят в количестве 0,15-0,25 % массы цемента в перерасчете на сухое вещество; гидрофобный портландцемент, отличается от обычного пониженной гигроскопичностью, а также повышенной подвижностью и удобоукладываемостью. Затвердевший гидрофобный бетон обладает повышенной морозостойкостью. Его получают введением в обычный портландцемент гидрофобизирующей добавки в перерасчете на сухое вещество.

*Заполнители бетона* разделяют на крупные и мелкие. В качестве крупных заполнителей для тяжелых бетонов (обычных) с плотностью Д2300, Д2400, Д2500 (кг/м<sup>3</sup>) используют щебень из природного камня по ГОСТ 8267, щебень из гравия по ГОСТ 10260, щебень из попутно добываемых пород и отходов горно-обогатительных предприятий по ГОСТ 23254, гравий по ГОСТ 8208, а также щебень из шлаков ТЭЦ по ГОСТ 26644.

Крупный заполнитель в зависимости от предъявляемых к бетону требований выбирают по следующим показателям: зерновому составу и наибольшей крупности, содержанию пылеватости и глинистых частиц, вредных примесей, форму зерен, прочности, содержанию зерен слабых пород, петрографическому составу и радиационно-гигиенической характеристике. При подборе состава бетона учитывают также плотность, пористость, водопоглощение, пустотность. Крупный заполнитель должен иметь среднюю плотность от 2000 до 2800 кг/м<sup>3</sup>.

Крупный заполнитель следует применять в виде отдельно дозируемых фракций при приготовлении бетонной смеси. Наибольшая крупность заполнителя должна быть установлена в стандартах, технических условиях или рабочих чертежах бетонных и железобетонных конструкций. Перечень фракций в зависимости от наибольшей крупности зерен, установленный [5], представлен в табл. 3.5.

Таблица 3.5. Фракции крупного заполнителя

Наибольшая крупность зерен	Фракция крупного заполнителя
10	От 5 до 10 или от 3 до 10
20	От 5 (3) до 10 и св. 10 до 20
40	От 5 (3) до 10, св. 10 до 20 и св. 20 до 40
80	От 5 (3) до 10, св. 10 до 20, св. 20 до 40 и св. 40 до 80
120	От 5 (3) до 10, св. 10 до 20, св. 20 до 40, св. 40 до 80 и св. 80 до 120

**Примечание.** Применение фракции заполнителя с крупностью зерен от 3 до 10 мм допускается в случае использования в качестве мелкого заполнителя песков с модулем крупности не более 2,5.

Допускается применение крупных заполнителей в виде смеси двух смежных фракций, отвечающих требованиям табл. 3.5.

Содержание отдельных фракций в крупном заполнителе в составе бетона должно соответствовать данным табл. 3.6.

Таблица 3.6. Процентное содержание фракций в крупном заполнителе

Наибольшая крупность заполнителя, мм	Содержание фракций в крупном заполнителе, %				
	5 (3) до 10 мм	св. 10 до 20 мм	св. 20 до 40 мм	св. 40 до 80 мм	св. 80 до 120 мм
10	100	-	-	-	-
20	25-40	60-75	-	-	-
40	15-25	20-35	40-65	-	-
80	10-20	15-25	20-35	35-55	-
120	5-10	10-20	15-25	20-30	30-40

Количество крупного заполнителя в цементобетоне обычно составляет 45-60 %, причем преимущество отдается щебню, т. к. гладкая окатанная поверхность гравия хуже сцепляется с цементным камнем, чем неокатанная поверхность щебня. Гравий можно применять только в нижнем слое двухслойных покрытий.

Наибольший размер щебня не должен превышать 20 мм для верхнего слоя двухслойных покрытий; 40 мм для однослойных и нижнего слоя двухслойных покрытий и 70 мм для цементобетонных искусственных оснований, где щебень или гравий может применяться без фракционирования.

Содержание пылеватых и глинистых частиц в щебне из изверженных и метаморфических пород, щебне из гравия не должно превышать для бетонов всех классов 1 % по массе.

Содержание пылеватых и глинистых частиц в щебне из осадочных пород не должно превышать для бетонов класса В22,5 и выше – 2 % по массе; класса В20 и ниже – 3 % по массе, а также 2 % для однослойных и верхнего слоя двухслойных покрытий; 3 % для нижнего слоя двухслойных покрытий.

Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы в крупном заполнителе бетонов для аэродромных покрытий не должно превышать 25 % по массе [5].

Прочность щебня и гравия характеризуют маркой, определяемой по дробимости щебня (гравия) при сжатии (раздавливании) в цилиндре.

Марка щебня из изверженных пород должна быть не ниже 800, щебня из метаморфических пород – не ниже 600 и осадочных пород – не ниже 300, гравия и щебня из гравия – не ниже Др16.

Марка щебня из природного камня не должна быть ниже:

- 300 – для бетона класса В15 и ниже;
- 400 – для бетона класса В20;
- 600 – для бетона класса В22,5;
- 800 – для бетона классов В25, В30;
- 1000 – для бетона класса В40;
- 1200 – для бетона класса В45 и выше.

Марка щебня и гравия должны быть не ниже:

- Др16 – для бетона класса В22,5 и ниже;
- Др12 – для бетона класса В25;
- Др8 – для бетона класса В30 и выше.

Содержание зерен слабых пород в щебне из природного камня не должно превышать, % по массе:

- 5 – для бетонов класса В40 и В45;
- 10 – для бетона классов В20, В22,5, В25 и В30;
- 15 – для бетона класса В15 и ниже.

Содержание зерен слабых пород в гравии и щебне из гравия не должно превышать 10 % по массе для бетонов всех классов.

Морозостойкость крупного заполнителя должна быть не ниже нормированной марки бетона по морозостойкости.

Морозостойкость щебня и гравия характеризуют числом циклов замораживания и оттаивания, при котором потери в процентах по массе щебня и гравия не превышают установленных значений.

Щебень и гравий по морозостойкости подразделяют на следующие марки: F15; F25; F50; F100; F150; F200; F300; F400.

Способность щебня (гравия) сопротивляться совместному воздействию истирания, скалывания и удара проверяют полочным барабаном. В зависимости от износа (истираемости) в полочном барабане щебень подразделяют на четыре марки (табл. 3.7) [5].

Таблица 3.7. Марки по истираемости щебня и гравия

Марка по истираемости щебня и гравия	Потеря массы при истирании, %	
	щебня	гравия
И 1	До 25 включ.	До 20 включ.
И 2	Св.25 до 35	Св. 20 до 30
И 3	Св. 35 до 45	Св. 30 до 40
И 4	Св. 45 до 60	Св. 40 до 50

Основные требования к прочности щебня для бетона жестких аэродромных покрытий приведено в табл. 3.8 [5].

Таблица 3.8. Основные требования к щебню для бетонов жестких покрытий аэродромов

Назначение бетона	Марка крупного заполнителя по прочности не ниже		
	щебень		гравий и щебень из гравия
	из изверженных и метаморфических пород	из осадочных пород	
Однослойные покрытия и верхний слой двухслойных покрытий, кг/см <sup>2</sup>	1200	800	Др 8
Нижний слой двухслойных покрытий, кг/см <sup>2</sup>	800	600	Др 12

Щебень и гравий кроме марок по прочности, указанных в табл. 3.8, должны иметь марки по износу в полочном барабане не ниже указанных в табл. 3.9.

Щебень и гравий перевозят навалом в транспортных средствах согласно действующим правилам перевозки.

Щебень и гравий хранят отдельно по фракциям и смесям фракций в условиях, предохраняющих их от засорения и загрязнения.



Таблица 3.9. Марки щебня и гравия по износу [5]

Назначение бетона	Марка по истираемости в полочном барабане не ниже		
	щебень		гравий и щебень из гравия
	из изверженных пород	из осадочных пород	
Однослойные покрытия и верхний слой двухслойных покрытий	И I	И II	И II
Нижний слой двухслойных покрытий	И II	И III	И III

*Мелкий заполнитель для бетона* – это песок, состоящий из зерен минералов размером от 0,16 до 5 мм. Его выбирают по зерновому составу, содержанию пылеватых и глинистых частиц, петрографическому (минеральному) составу, радиационно-гигиенической характеристике. При подборе состава бетона учитывают плотность, водопоглощение (для песков из отсевов дробления), пустотности, а также прочности исходной горной породы на сжатие в насыщенном водой состоянии (для песков из отсевов дробления).

Мелкий заполнитель должен иметь среднюю плотность зерен от 2000 до 2800 кг/м<sup>3</sup>.

Зерновой состав песка должен соответствовать стандартному графику [5]. Он играет важную роль для получения бетона потребных класса и долговечности при минимальном расходе цемента. Наименьший расход цемента будет при использовании заполнителей с минимальным объемом пустот и количеством мелких зерен с большой суммарной поверхностью.

Для бетона жестких аэродромных покрытий широко применяют кварцевые природные пески или пески, полученные дроблением горных пород.

Песок из отсевов дробления и обогащенный песок из отсевов дробления для бетона аэродромных покрытий и их оснований должны иметь марки на прочность исходной горной породы или гравия не ниже указанных в табл. 3.10.

На качество бетона негативно влияет содержание в его мелком заполнителе вредных примесей, к которым относят:

- аморфные разновидности диоксида кремния (халцедон, опал, кремнь и др.);
- сульфаты (гипс, ангидрит и др.);
- сложные силикаты (слюда, гидрослюды, хлориты и др.);
- магнетит; гидрослюды железа (гетит и др.); апатит; нефелин;
- фосфорит; галоиды (галит, сильвин и др.); цеолиты; графит; уголь;
- горючие сланцы.

**Таблица 3.10. Марки по прочности исходных горных пород или гравия для изготовления песка**

Назначение бетона	Марка по прочности исходной горной породы или гравия, из которых изготовлен песок		
	изверженные породы	осадочные и метаморфические породы	гравий
Однослойные покрытия и верхний слой двухслойных покрытий	800	800	Др 8
Нижний слой двухслойных покрытий и оснований	800	400	Др 16

Вредные примеси в заполнителях, применяемых для производства бетона, могут вызвать:

- снижение прочности и долговечности бетона;
- ухудшение качества поверхности и внутреннюю коррозию бетона;
- коррозию арматуры в бетоне.

Вместе с тем ГОСТ 26633-91 допускает содержание пород и минералов, отнесенных к вредным примесям в заполнителях, в следующих количествах:

- аморфные разновидности диоксида кремния, растворимого в щелочах (халцедон, опал, кремень), - не более 59 ммоль/л;
- сера, сульфиды, кроме пирита (марказит, пирротин и др.) и сульфиты (гипс, ангидрит и др.) в пересчете на  $SO_3$  – не более 1,5 % по массе для крупного заполнителя и 1 % по массе – для мелкого заполнителя;
- пирит в пересчете на  $SO_3$  – не более 4 % по массе;
- слоистые силикаты (слюды, гидрослюды, хлориты и др.) – не более 15% по объему для крупного заполнителя и 2% по массе – для мелкого заполнителя;
- магнетит, гидрослюды железа (гетит и др.), апатит, нефелин, фосфорит – каждый в отдельности не более 15 % по объему.

В бетонах класса по прочности до В30 или  $V_{btb} 4,0$  включительно допускается использование очень мелких песков с модулем крупности от 1,0 до 1,5 с содержанием зерен менее 0,16 мм до 20 % по массе, а пылеватых и глинистых частиц – не более 3 % по массе.

Пески для бетонов аэродромных покрытий должны иметь кубическую форму зерен с модулем крупности 2,10-3,25.

Модуль крупности песка определяется как частное от деления суммы полных остатков на всех ситах с отверстиями от 25 до 0,16 мм на 100.

В зависимости от нормируемых показателей качества (зерновые составы, содержание пылеватых и глинистых частиц) подразделяют на два класса, а в зависимости от зернового состава песок подразделяют на группы по крупности:

I класс – очень крупный песок (песок из отсевов дробления), повышенной крупности, крупный, средний и мелкий;

II класс – очень крупный песок (песок из отсевов дробления), повышенной крупности, крупный, средний, мелкий, очень мелкий, тонкий и очень тонкий.

Каждую группу песка характеризуют значением модуля крупности (табл. 3.12).

Таблица 3.12. Модуль крупности песка [6]

Группа песка	Модуль крупности ( $M_k$ )
Очень крупный	Св. 3,5
Повышенной крупности	Св. 3,0 до 3,5
Крупный	Св. 2,5 до 3,0
Средний	Св. 2,0 до 2,5
Мелкий	Св. 1,5 до 2,0
Очень мелкий	Св. 1,0 до 1,5
Тонкий	Св. 0,7 до 1,0
Очень тонкий	до 0,7

Содержание зерен крупностью св.10 и менее 0,16 мм не должно превышать значений, указанных в табл. 3.13.

Таблица 3.13. Максимально допустимое содержание зерен крупностью св.10 и менее 0,16 мм в песке [6]

Класс и группа песка	Содержание зерен в процентах по массе крупностью		
	св. 10 мм	5 мм	менее 0,16 мм
I класс			
Очень крупный, повышенной крупности	0,5	5	5
Крупный и средний	0,5	5	10
II класс			
Очень крупный и повышенной крупности	5	20	10
Крупный и средний	5	15	15
Мелкий и очень мелкий	0,5	10	20
Тонкий и очень тонкий	не допускается	не допускается	не допускается

Содержание в песке пылеватых и глинистых частиц, а также глины в комках не должны превышать значений, указанных в табл. 3.14.

Таблица 3.14. Максимально допустимое содержание в песке пылевидных и глинистых частиц [6]

Класс и группа песка	Содержание в процентах по массе не более			
	пылевидных и глинистых частиц в		глины в комках	
	песке природном	песке из отсевов дробления	песке природном	песке из отсевов дробления
I класс Очень крупный Повышенной крупности, крупный и средний Мелкий	-	3	-	0,35
	2	3	0,25	0,35
	3	5	0,35	0,50
II класс Очень крупный Повышенной крупности, крупный и средний Мелкий и очень мелкий Тонкий и очень тонкий	-	10	-	2
	3	10	0,5	2
	5	10	0,5	2
	10	не нормируется	1,0	0,1

Песок, предназначенный для применения в бетонах, должен обладать стойкостью к химическому воздействию щелочей цемента, которое определяется согласно [6].

Песку должна быть дана радиационно-гигиеническая оценка, в результате которой определяют область его применения.

В аэродромном строительстве (вне населенных пунктов) значение удельной эффективной активности естественных радионуклидов, содержащихся в песке, должно находиться в пределах  $740 \leq A_{эфф} \leq 1500$  Бк/кг.

Пески из отсевов дробления в зависимости от прочности горной породы и гравия разделяют на марки. Изверженные и метаморфические горные породы должны иметь предел прочности при сжатии не менее 60 МПа, осадочные породы – не менее 40 МПа.

Марка песка из отсевов дробления по прочности должна соответствовать указанной в табл. 3.15 [6].

Песок транспортируют в открытых железнодорожных вагонах и судах, а также в автомобилях в соответствии с правилами перевозки грузов и хранят на складе в условиях, предохраняющих песок от загрязнения.

При отгрузке и хранении песка в зимнее время предприятию-изготовителю необходимо принять меры по предотвращению смерзаемости (перелопачивание, обработка специальными растворами и т. п.).

Таблица 3.15. Марки песка из отсевов дробления по прочности

Марка песка по прочности из отсевов дробления	Предел прочности при сжатии горной породы в насыщенном водой состоянии, МПа, не более	Марка гравия по дробимости в цилиндре
1400	140	–
1200	120	–
1000	100	Др 8
800	80	Др 12
600	60	Др 16
400	40	Др 24

*Вода и добавки.* Для затворения бетонной смеси, приготовления растворов химических добавок, поливки поверхности затвердевшего бетона следует применять воду, соответствующую требованиям ГОСТ 23732. Лучше всего применять обычную питьевую воду. Если вода для питья не пригодна, то возможности её применения для приготовления бетона и ухода за бетоном должна определяться по результатам химического анализа воды.

Добавками называют вещества, применяемые при изготовлении бетона с целью придания ему потребных свойств. К ним относят: вещества, ускоряющие твердение бетона или замедляющие его схватывание; воздухововлекающие добавки; пластифицирующие добавки, влияющие на удобоукладываемость бетонной смеси; гидрофильные добавки, влияющие на водопроницаемость бетона; гидрофобные (водоотталкивающие) добавки. Применение добавок к бетону не только позволяет регулировать состав, но также способствует снижению расхода цемента и энергетических затрат.

*Вещества, ускоряющие твердение бетона.* В качестве ускорителей твердения цементобетона следует преимущественно применять: хлорид кальция ( $\text{CaCl}_2$ ) гранулированный, плавленый или жидкий; хлорид натрия ( $\text{NaCl}$ ) в виде пищевой или технической соли. Количество указанных добавок для бетона, твердеющего при среднесуточной температуре наружного воздуха не более  $5^0 \text{ C}$  и минимальной суточной температуре выше  $0^0 \text{ C}$ , не должно превышать:

- в неармированных или конструктивно армированных бетонных покрытиях – 3 % массы цемента;
- в железобетонных и армобетонных покрытиях с ненапрягаемой расчетной арматурой более 5 мм – не более 2 % массы цемента.

Добавки  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{NaCl}$  в неармированные бетонные покрытия в количестве, превышающем указанные выше рекомендации, следует применять при их строительстве в зимних условиях с установлением этого количества опытным путем с учетом времени доставки бетонной смеси на место укладки, её уплотнения и отделки поверхности покрытия.

Вещества, замедляющие схватывание цемента, в аэродромном строительстве используют лишь при очень жаркой погоде, при быстром схватывании цемента. В качестве замедлителя используют кормовую сахарную па-

току (КП) согласно ТУ 18 РСФСР-409. Допускается применение и других добавок, отвечающих требованиям ГОСТ 24211.

*Воздухововлекающие добавки* являются средством повышения морозостойкости цементобетонных покрытий. Вовлеченный воздух создает большое количество воздушных пузырьков в бетоне, которые дают возможность расширения воды при замерзании и исключают появление напряжений, разрушающих бетон. Вовлечение воздуха способствует и повышению удобоукладываемости бетонной смеси. В качестве таких добавок рекомендуется использовать: смолу древесную смыленную (СДО) по ТУ 13-05-02; клей таловый пековый (КТП) по ОСТ 13-145; сульфонал (С) по ТУ 6-01-1001. Добавки вводят в бетонную смесь при её приготовлении.

Вовлеченный воздух в бетоне, с одной стороны, увеличивает его морозостойкость, а с другой – ослабляет его сечение в конструкции и снижает прочность. Так при увеличении объема вовлеченного в бетонную смесь воздуха на 1 % происходит снижение прочности бетона на растяжение при изгибе в среднем на 2,5 % и на сжатие – на 6 %. Следовательно, при обеспечении нормированного ГОСТ 26633-91 воздухововлечения (5 % в цементобетонной смеси для бетона покрытий) прочность бетона на растяжение снизится на 30 % по сравнению с бетоном без вовлечения воздуха. Это всегда следует иметь в виду и учитывать при подборе состава бетона требуемой прочности.

*Пластифицирующие добавки* используют для повышения удобоукладываемости бетонной смеси и увеличения водонепроницаемости бетона. К ним относят гидрофильные (смачивающие) и гидрофобные (водоотталкивающие) добавки.

Гидрофильные добавки увеличивают подвижность бетонной смеси за счет уменьшения трения между частицами крупного и мелкого заполнения и диспергирования агрегатов цемента. Это дает возможность снизить количество воды затворения в бетоне, благодаря чему повышается его морозостойкость.

Гидрофобные добавки заземляют поры в бетоне, чем способствуют уменьшению капиллярного подсоса воды, способствуют снижению количества воды в бетоне, уменьшают его водопроницаемость, повышают морозостойкость. В настоящее время для повышения удобоукладываемости бетонной смеси широко используются такие вещества как: меламиноформальдегидная анионоактивная смола МФ-АР по ТУ 6-05-1926; дофин (ДФ) по ТУ-188 УССР; водорастворимый препарат ВРП-1 по ТУ 64-11-02; лингосульфаты (ЛСТ) по ТУ 13-0281036-05; этилсиликонат натрия (ГКЖ-10) по ТУ 6-02-696 и др.

Применение бетонных смесей с относительно низким водоцементным отношением для получения высокопрочных бетонов стало эффективным и более масштабным с использованием добавок суперпластификаторов, например, разрыхлителя С-3, не уступающего зарубежным аналогам типа "Мельмонт", "Майти", "Малей" и др.

Для пластификации бетонной смеси, снижения её расслаивания во время транспортирования и укладки, повышения морозостойкости и стойко-

сти бетона против агрессивного воздействия хлористых солей, а также его прочности применяют добавку ГКЖ-94, представляющую собой кремнийорганический полимер. ГКЖ-94 рекомендуется применять в бетонных и железобетонных конструкциях, к которым предъявляются требования по морозостойкости и прочности:

- при строительстве цементобетонных покрытий в районах со среднемесячной температурой воздуха наиболее холодного месяца  $-15^{\circ}\text{C}$ ;
- при строительстве цементобетонных покрытий в районах, где количество дней с гололедом превышает 40 дней в год;
- на аэродромных покрытиях, где наряду с высокой морозостойкостью требуется высокая прочность бетона;

### 3.2. Арматура для железобетонных аэродромных покрытий

По функциональному назначению арматурную сталь для железобетонных аэродромных покрытий подразделяют на рабочую, конструктивную (распределительную) и монтажную.

Основной является рабочая арматура, предназначенная для восприятия растягивающих усилий, возникающих в аэродромных покрытиях при воздействии на них тяжелых самолетных нагрузок.

Назначение конструктивной арматуры – обеспечение цельности конструкции, усиливаемой при расчете прочности (например, конструктивная поперечная арматура увеличивает сцепление бетона с продольной арматурой, служит элементом связи растянутой и сжатой зон сечений), а также в распределении действия сосредоточенных сил или ударной нагрузки на большую площадь и в принятие на себя (во избежание образования трещин в бетоне) температурных и усадочных напряжений. Монтажная арматура необходима для создания из рабочих и конструктивных стержней жесткого транспортного каркаса. Рабочая и конструктивная арматура одновременно могут выполнять функции монтажной.

В зависимости от механических свойств арматура, профили которой показаны на рис 3.1, делится на следующие виды и классы.

*Стержневая арматура:*

- а) горячекатаная – гладкая класса А-I; периодического профиля классов А-II, А<sub>С</sub>-II, А-III, А-IV, А-V, А-VI;
- б) термомеханически и термически упрочненная – периодического профиля классов А<sub>Т</sub>-IIIС, А<sub>Т</sub>-IV, А<sub>Т</sub>-IVС, А<sub>Т</sub>-IVК, А<sub>Т</sub>-V, А<sub>Т</sub>-VK, А<sub>Т</sub>-VCK, А<sub>Т</sub>-VI, А<sub>Т</sub>-VIК и А<sub>Т</sub>-VII;
- в) упрочненная вытяжкой – периодического профиля класса А-IIIВ.

*Проволочная арматура:*

- г) арматурная холоднотянутая проволока: обыкновенная – периодического профиля класса В<sub>Р</sub>-I; высокопрочная – гладкая класса В-II, периодического профиля класса В<sub>Р</sub>-II;

д) арматурные канаты – спиральные семипроволочные класса К-7 и двенадцатипроволочные класса К-19.

Рис.3.1. Профили арматуры с механически обработанной поверхностью [9]:

$a$  – из стали класса А-II;  $b$  – из низколегированной стали класса А-III;  $c$  – стержни, сплюснутые в двух плоскостях;  $d$  – стержни, сплюснутые в одной плоскости;  $e$  – проволока сплюснутая высокопрочная

Для закладных деталей и соединительных накладок применяют, как правило, прокатную углеродистую сталь.

В железобетонных конструкциях допускается применение упрочненной вытяжкой стержневой арматуры класса А-IIIВ.

В обозначениях горячекатаной стержневой арматуры индекс "С" употребляется для арматурной стали "Северного исполнения", например, класс А<sub>С</sub>-II из стали марки 10ТТ.

В обозначениях термомеханически упрочненной арматуры индекс "С" указывает на возможность стыкования стержней сваркой, а индекс "К" – на повышенную стойкость против коррозионного растрескивания под напряжением.

В качестве напрягаемой арматуры железобетонных конструкций применяют:

- стержневую классов А-III и А<sub>Т</sub>-III – для продольной и поперечной арматуры;
- арматурную проволоку класса В<sub>Р</sub>-I – для продольной и поперечной арматуры;
- стержневую классов А-I, А-II и А<sub>С</sub>-II – для поперечной арматуры, а также продольной, если другие виды арматуры не могут быть использованы;
- стержневую классов А-IV, А<sub>Т</sub>-IV и А<sub>Т</sub>-IVК - для продольной арматуры в сетках.

Арматуру классов А-III, А<sub>Т</sub>-IIIС, А<sub>Т</sub>-IVС, В-I, А-I, А-II и А<sub>С</sub>-II рекомендуется применять в виде сварных каркасов и сеток.

В качестве напрягаемой арматуры предварительно напряженных конструкций применяют:

- стержневую классов А-V, А<sub>Т</sub>-V, А<sub>Т</sub>-VK, А<sub>Т</sub>-VCK, А-VI, А<sub>Т</sub>-VI, А<sub>Т</sub>-VIK;
- арматурную проволоку классов В-II, В<sub>Р</sub>-II и арматурные канаты К-7 и К-19.

Допускается также применять стержневую арматуру классов А-IV, А<sub>Т</sub>-IV, А<sub>Т</sub>-IVС, А<sub>Т</sub>-IVК и А-IIIВ.

Каждому классу арматуры соответствуют определенные марки арматурной стали с одинаковыми механическими характеристиками, но различ-



ным химическим составом. В обозначении марки стали отображается содержание углерода и легирующих добавок. Например, в марке 25Г2С две первые цифры обозначают содержание углерода в сотых долях процента (0,25 %), буква Г – сталь легирована марганцем, цифра 2 – его содержание может достигать 2 %, а буква С – наличие в стали кремния (силиция). Наличие других химических элементов, например, в марках 20ХГ2Ц и 23Х2Г2Т обозначаются буквами: Х – хром, Т – титан, Ц – цирконий.

Класс арматурной стали выбирают в зависимости от вида покрытия, назначения арматуры, технологии приготовления арматурных элементов и способов их использования (напрягаемая и ненапрягаемая арматура), а также условий строительства и эксплуатации покрытия.

Для армирования жестких аэродромных покрытий применяются следующие виды арматуры:

- в качестве ненапрягаемой арматуры – стержневая сталь периодического профиля классов А-II и А-III, а также обыкновенная проволока периодического профиля класса В<sub>p</sub>-I и гладкая класса В-I (в сварных сетках и каркасах);
- в качестве напрягаемой арматуры – высокопрочная проволока периодического профиля класса В<sub>p</sub>-II и гладкая класса В<sub>p</sub>-II, стержневая сталь периодического профиля классов А-IV и А-V, а также термоупрочненная сталь периодического профиля классов А<sub>T</sub>-IV и А<sub>T</sub>-V;
- в качестве монтажной, распределительной и конструктивной арматуры, а также для элементов стыковых соединений в деформационных швах – стержневая гладкая сталь класса А-I и проволока класса В-I.

Для монтажных подъемных петель сборных железобетонных конструкций, например плит аэродромных покрытий, следует применять горячекатаную арматуру класса А-II марки 10ГТ и класса А-I марок ВСТЗСП2, ВСТЗСП2, а также класса А-I по ТУ 14-2736-87 (особенно для конструкций, предназначенных для применения в районах с расчетной температурой ниже минус 30° С.

При армировании бетонов высоких классов тонкой высокопрочной стальной проволокой, подвергающейся предварительному напряжению, особое значение придают обеспечению необходимого сцепления бетона с арматурой. В зависимости от состояния поверхности стальной арматуры прочность её сцепления с бетоном может колебаться от 5 до 60 кг/см<sup>2</sup>. Сцепление арматуры с бетоном можно повысить благодаря применению бетонов высоких классов, снижения водоцементного отношения, уплотнения бетона вибрированием, прессованием или вакуумированием, а также установкой поперечной арматуры, способной повысить сопротивление сдвигу до 25 %. Прочность сцепления арматуры с бетоном повышается также с возрастом бетона.

### **3.3. Герметики, пленкообразующие и пропиточные материалы**

Деформационные швы жестких покрытий должны быть защищены от проникновения в них поверхностных вод и эксплуатационных жидкостей, а также от засорения их песком, щебнем и другими твердыми материалами. В

качестве заполнителей швов должны использоваться специальные герметизирующие материалы (герметики) горячего и холодного применения, отвечающие ведомственным требованиям деформативности, адгезии к бетону, температуроустойчивости, химической стойкости, липкости к пневматикам авиационных колес и усталостным деформациям, соответствующим условиям их применения. Материалы-заполнители швов не должны изменять свои эксплуатационные свойства при кратковременном воздействии горячих газоздушных струй авиадвигателей.

Для заполнения деформационных швов в цементобетонных покрытиях применяют: мастики с временем истечения материала объемом 25 л через отверстия диаметром 20 мм не менее 50 с; пасты, вводимые в шов под давлением; готовые твердые эластичные прокладки. Мастики и пасты могут быть холодными, применяемыми без предварительного нагрева, и горячие, подогреваемые перед заливкой швов. Заполнители швов, применяемые в холодном состоянии, должны отверждаться при температуре окружающего воздуха (но не ниже +5° С) не позднее чем через 10 сут. Движение транспорта по покрытию возможно не ранее чем через 6 ч после заполнения швов.

Материалы – заполнители швов должны быть температуроустойчивыми для III-V дорожно-климатических зон (ДКЗ) в пределах от -20 до 80° С; для II ДКЗ – от -30 до 60° С и для I ДКЗ – от -40 до 50° С. При этом материалы-заполнители должны сохранять упругопластические свойства, не отделяться от цементобетона и не растрескиваться. Заполнители швов должны обладать способностью к деформированию в пределах рабочих температур без потери строительно-технических качеств. Деформативность материалов-заполнителей должна быть не менее 100 % для швов расширения и 130 % для швов сжатия, а прочность – не менее 0,04 МПа. Они должны быть долговечными, обеспечивать водонепроницаемость шва, иметь потребное сцепление с железобетоном, не прилипать к пневматикам колес самолетов, быть достаточно упругими для того, чтобы не допускать погружения в них посторонних предметов под действием колес самолетов.

Изготовление мастик и паст на строительном объекте должно быть простым, технологичным, а полученные заполнители – быть пригодными для механизированного заполнения швов аэродромных покрытий. Жизнеспособность свежеприготовленного заполнителя должна быть не менее 1 ч.

На аэродромах стран СНГ в основном применяют горячие заполнители швов: битумно-полимерные мастики (БПМ), мастики на основе резинобитумного вяжущего (РБВ), мастику "Изол" и битумнобутилкауучковую мастику МББГ-70.

Битумно-полимерные мастики БПМ-1 и БПМ-2 изготавливают из термостойкого битума "пластбит", дорожного битума БНД-40/60 или БНД-60/90, дивинилстирольного термоэластопласта (ДСТ) в виде 15 %-го раствора в сольвенте, ксилоле или бензине и тонкомолотого асбеста.

В качестве грунтовок для мастики на основе битума разрешается применять вязкие битумы марки БНД-40/60 или БНД-60/90. Разжиженные бензином или зеленым маслом в соотношении 1 : 1, а также жидкие битумы. Ма-

стики типа БПМ могут применяться без предварительной грунтовки швов, если температура воздуха была выше 25° С не менее 3 сут перед их заполнением мастикой.

Мастика МББГ-70 состоит из битума БН-V-70, бутилкаучука и асбестовой крошки. Эта мастика может применяться во всех ДКЗ (от I до V).

Мастики на основе резинобитумного вяжущего по сравнению с битумными обладают значительно большей температуроустойчивостью и эластичностью. Они выпускаются промышленностью трех марок (по ТУ 21-27-41-75): РБВ-25, РБВ-35 и РБВ-50, в кусках массой по 10-15 кг. Эти мастики состоят из битума БН- IV, резиновой крошки, кумароновой смолы, тракторного масла марки АК-15 или АС-10 и пластифицирующей добавки (полиизобутилена П-200). В состав РБВ-25 эта добавка не входит. В условиях сравнительно высоких температур (120-160° С) РБВ не плавятся, а при отрицательных температурах от -25 до -50° С сохраняют эластичность. Цифры марок РБВ (РБВ-25, РБВ-35 и РБВ-50) обозначают отрицательную температуру, при которой мастики становятся хрупкими, теряя свою эластичность. РБВ более удобны в работе по сравнению с БМП: при разогреве они не вспениваются, не оставляют осадка на дне котла. Перед применением мастики на основе РБВ разогревают в котлах до 180-200° С.

Мастика "Изол", применяющаяся для заполнения швов и трещин в цементобетонных покрытиях аэродромов шириной более 5 мм, в горячем состоянии (разогрев производится при 180-200° С) представляет собой однородную вязкую массу, состоящую из РБВ с добавкой до 30 % асбестовой муки.

Лучшими по свойствам и, в частности, по долговечности являются полимерные герметики холодного отверждения. К ним относятся тиоколовые двухкомпонентные герметики марок: УТ-38; ПА; ПЛ; КБ-0,5; СМ-0,5; АМ-2 и Гидром, вулканизирующиеся при температуре наружного воздуха не ниже +5° С после смешения с отверждающей пастой. Исследования показали, что тиоколовые герметики обладают хорошим сцеплением с цементобетоном, имеют незначительную усадку и сохраняют свои основные свойства (теплоустойчивость, эластичность) при температуре от -40 до +70° С в течение длительного времени (не менее 15 лет). Приготовление и применение тиоколовых герметиков производится при помощи специального комплекта оборудования – смесителя, заливщика швов и вспомогательных средств.

Кроме тиоколовых используют также двухкомпонентные герметики холодного отверждения на основе полиуретанов, полисульфидов и полиэфиров. Качественная герметизация швов зависит от ряда условий: надлежащей подготовки поверхности, точной дозировки мастики и отвердителя, окружающей температуры и влажности воздуха.

В качестве твердых эластичных прокладок, используемых для заполнения швов цементобетонных аэродромных покрытий, применяют: мягкую древесину, антисептированную креозотом; поропластические прокладки, пропитанные гидрофобными составами; прокладки из пористой резины; произол; пробковые прокладки, связанные резиной или древесной смолой;

неопреновые элементы. В настоящее время применяют : резиновые шнуры уплотнительные (ПРП-40К) по ГОСТ 19177-81 диаметрами 16 и 25 мм; шнуры уплотнительные диаметром от 8 до 50 мм негигроскопичные, выдерживающие без потери формы заливочную массу с температурой 250° С.

Кроме вышеуказанных заполнителей швов, широко использовавшихся для заливки швов в цементобетонных аэродромных покрытиях в 1975-1990 гг, в настоящее время широко применяются гидроизоляционные мастики отечественного и зарубежного производства, физико-механические характеристики которых представлены в табл. 3.16.

Кроме гидроизоляционных мастик, представленных в табл. 3.16, можно назвать такие высококачественные материалы как:

- мастика герметизирующая битумно-эластомерная (МГБЭ) "Юлан" марок Ш-75, Ш-90, Ш-100 для заливки деформационных продольных и поперечных швов, а также швов сопряжений покрытий и асфальтобетонных обочин. Мастика используется в горячем состоянии. Температурные пределы эксплуатации: Ш-75 – от -45 до +60° С; Ш-90 – от -30 до +80° С; Ш-100 – от -20 до +90° С;
- битумно-полимерный герметик Брит-А (БР-Г35) по ТУ 0256-001 46487504-2003 аэродромный горячего применения. Обладает высокими адгезионными свойствами, стойкостью к старению и выветриванию;
- АПГХО – аэродромный полимерный герметик холодного отверждения, не уступает зарубежным аналогам по своим эксплуатационным качествам;
- битумно-полимерный аэродромный герметик БПАГ-35 и БПАГ-50 – аналог РБВ-35 и РБВ-50;
- герметик SABA Силер Филд (с уплотнительным шнуром) холодного нанесения с грунтовкой SABA primer H17 (Голландия). Представляет собой смесь жидкого полисульфидного полимера, пластификаторов и наполнителя по ГОСТ 30740-2000 и Евростандарту EN 14188. Срок службы – 15 лет. Обладает повышенной устойчивостью к старению, нагрузкам, не прилипает к пневматикам колес, устойчив к разрушению термогазовой струей авиадвигателя, к проникновению гальки и щебня. Работоспособен при температуре -54° С. Стоек к ГСМ. Хорошо прилипает к бетону и старым слоям герметика.

Из мастик холодного отверждения зарубежного производства наиболее известными являются "Колпор" (Англия), "Ю-СИЛ" (Канада), "Вулкем" (США). Из-за ограниченности применения этих материалов на отечественных аэродромах их эффективность еще недостаточно изучена.

*Пенообразующие и пропиточные материалы.* Для создания благоприятных условий твердения свежееуложенного бетона, предохраняющих его от высыхания и усадки в период твердения, применяют пленкообразующие материалы, которые должны удовлетворять следующим условиям:

- хорошо распределяться по поверхности бетона и создавать сплошную пленку, обладающую достаточной влагоудерживающей способностью и сцеплением с бетоном в течение не менее 28 сут;



Таблица 3.16. Физико-механические показатели гидроизоляционных мастик

№ п/п	Типы мастик	Марка мастики	Температура размягчения, °С (КиШ) не менее	Температура хрупкости, °С	Относительное удлинение, %		Прочность сцепления с бетоном		Эластичность, мм	Глубина проникания иглы, мм	Температура прилипания к пневматикам колес	Температура при заливке швов, °С	Однородность	Плотность	Технологичность, сек	Температура вспышки, °С	Примечание
					при +20	при -20	при +20	при -20									
1	АЭРОДОР (г. Балашиха)	20	100	-20	55	50		0,3	-	-	60						
		35	85	-35	60	50	-	0,3	-	-	50						
		50	70/83	-50	65	50	0,35	0,3	24	40/58	40				105		
2	ПРОГРЕССТЕХ – АГ (г. Москва)	тип I	85/93	-50	200	-	-	-	80	95	60						
		тип II	95	-45	160	-	-	-	-	-	70						
		тип III	115	-40	140	-	-	-	-	-	70						
3	БПГ (Беларусь)	75	75/85	-46	450	150	-	-	50	110/101	-					250	
		90	90/95	-46	450	100			50	90/58						260	
		100	100	-46	450	50				90						260	
4	БПАГ – 50		85	-50	70	30	0,35	0,35		30				100			
5	МГБЭШ	75	75	<-37					49	62							
6	НОВОМАСТ (г. Москва)	65	65	-25	100		0,11			160							
		75T	75/89	-45/<-37	450		0,12		50/56	>100/95							
		90	90	-40	450		0,13			90							
		100	100	-35	350		0,13			90							

Продолжение табл. 3.16

№ п/п	Типы мастик	Марка мастики	Температура размягчения, °С (КиШ) не менее	Температура хрупкости, °С	Относительное удлинение, %		Прочность сцепления с бетоном		Эластичность, мм	Глубина проникания иглы, мм	Температура прилипания к пневматикам колес	Температура при заливке швов, °С	Однородность	Плотность	Технологичность, сек	Температура вспышки, °С	Примечание	
					при +20	при -20	при +20	при -20										
7	БИГУМА (Германия)	TL 82	90/91	<-37	688	102			31	90	40							
		Арктик	25	-45	529 (+23)	100 (-40)				58,5	+50 с присыпк.							
8	ИЖОРА МБР- г/ ш (г. С-Петербург)	80	85	-60	75 (+18)	50 (-15)	0,3 (+18)	0,15 (-15)										
		75	83						26	34								
9	REINAU (Германия)		98,5 / 89	<-37					48,6	81 (конус) / 82 (игла)		160 – 180						
10	CRAFCO (США)		69	-50	400	200	0,28	0,7		45	+20 +70 с присыпк.				95			
11	SEALANT RS 34231 (США)		70	-40	500	200	0,27	0,8		45	+20 +70				90			
12	ВЕМА-ПЛАСТ (Украина)	25	85	-25			0,40					170 – 180						
		35	85	-35			0,40					170 – 180						
		50	75	-50			0,40					170 – 180						

Продолжение табл. 3.16

№ п/п	Типы мастик	Марка мастики	Температура размягчения, °С (КиШ) не менее	Температура хрупкости, °С	Относительное удлинение, %		Прочность сцепления с бетоном		Эластичность, мм	Глубина проникания иглы, мм	Температура прилипания к пневматикам колес	Температура при заливке швов, °С	Однородность	Плотность	Технологичность, сек	Температура вспышки, °С	Примечание
					при +20	при -20	при +20	при -20									
13	РБВ (Украина)	25	95	-25			0,50					180 – 200					
		35	85	-35			0,50					180 – 200					
		50	75	-50			0,50					180 – 200					
14	MOZAL (Чехия)	TS	100 > 100	-35					23	80-90 (конус) 21						280	
		TSP	100	-35						60-70 (конус)						280	
15	STRALAPHALT (Германия)		69	<-37					16	58							
16	БПИ – ДП (г. Уфа)		>80							>60							



- не оказывать вредного влияния на здоровье рабочих при условии соблюдения техники безопасности; не ухудшать процессы твердения и долговечность бетона; в момент нанесения материалов их вязкость не должна превышать 20 с по вискозиметру ВЗ-4;
- период формирования пленки при температуре +20°C не должен превышать 5 ч;
- пленка не должна уменьшать сцепление колес самолета с бетонным покрытием, пленка предпочтительно должна иметь светлый цвет.

Для ухода за цементобетоном рекомендуется применять следующие пленкообразующие материалы:

- битумные эмульсии быстро и медленно распадающиеся, образующие пленки темного цвета;
- светлые пленкообразующие материалы ПМ-86 (памароль), ПМ-100А, ПМ-100АМ, лак этиноль.

Пленкообразующие материалы для ухода за бетоном следует применять при температуре воздуха не ниже 5° С.

Не рекомендуется применять битумы, разжиженные керосином или бензином, так как применение этого материала может вызвать в дальнейшем шелушение бетона.

При температуре воздуха выше 25° С целесообразно применять пленки светлых тонов или после формирования темных пленок осветлять их, распыляя суспензию алюминиевой пудры следующего состава: одна часть алюминиевой пудры ПАП-I или ПАП-II и три части осветительного керосина. Применяют также известковый раствор (1 часть извести-пушонки и 4 части воды). Использование осветителей уменьшает нагревание поверхности цементобетона (под темной пленкой), улучшая температурный режим твердения бетона.

При выпадении атмосферных осадков поверхность свежеложенного бетона аэродромных покрытий необходимо закрывать рулонными пароводонепроницаемыми пленками из полиэтилена, поливинилхлорида, полиамида или полиэфира. Их расстилку в один слой выполняют механизированным способом и применяют меры против сдувания. Ширину полотна пленки принимают 7,5-8,0 м (на 0,5 м шире бетонируемой полосы), обеспечивая её путем сварки полос пленки обычной ширины (1400мм).

В настоящее время в процессе строительства и ремонта цементобетонных аэродромных покрытий находят применение такие пленкообразующие материалы как ВПС-Д (Россия), Соисич (Ирландия), ВПМ (Россия), Памароль (Литва).

Все материалы, применяемые для ухода за бетоном в процессе его твердения, должны удовлетворять требованиям соответствующих стандартов и условий.

С целью повышения долговечности цементобетонных аэродромных покрытий производят пропитку их верхнего слоя специальными пропиточ-

ными составами, повышающими стойкость цементобетона при воздействии на него природно-климатических и эксплуатационных факторов.

Одним из наиболее известных методов улучшения эксплуатационных характеристик цементобетонных покрытий является метод флюатирования, основанный на химическом взаимодействии кремнефтористых солей с гидратом окиси и карбонатом кальция цементобетона. В результате этого взаимодействия образуются высокопрочные нерастворимые соединения фторидов магния, кальция и кремнезем, которые заполняют поры цементобетона. Это существенно уменьшает водопоглощение бетона, повышая его морозостойкость, плотность и прочность. Для флюатирования цементобетонных аэродромных покрытий применяют кремнефтористый магний в виде 20 % водного раствора или порошкообразные кремнефториды, раствор из которых готовится на месте. Флюатирование поверхности цементобетонных аэродромных покрытий, благодаря увеличению прочности поверхностного слоя цементобетона в 1,7 раза, позволяет предотвратить его шелушение.

Из наиболее известных в настоящее время пропиточных составов аэродромных покрытий является состав "Burke-o-Lith" (США) в виде раствора фторсиликата натрия или цинка в воде. Этот пропиточный состав заметно повышает долговечность цементобетонных покрытий благодаря снижению их водопоглощения и повышению морозостойкости, не снижая при этом коэффициент сцепления пневматиков колес самолета с поверхностью покрытия. Расход пропиточного состава – 2,5-3 л/м<sup>2</sup>.

Из отечественных пропиточных составов наиболее эффективным средством по профилактике шелушения, образования раковин и выбоин в аэродромных покрытиях является "Барьер-26" (ТУ 2311-002-56479227-2002) – состав на полимерной основе с использованием отечественного сырья. Благодаря пропитке цементобетонного покрытия с поверхности на глубину 15 мм происходит кольматация пор, капилляров и трещин, что в 4-6 раз снижает водопоглощение и в 3-5 раз – реагентопоглощение. В результате повышается коррозионная стойкость, морозостойкость, плотность и прочность цементобетона. Вместе с тем снижается адгезия льда к поверхности покрытия, а коэффициент сцепления пневматиков колес самолета с поверхностью покрытия остается неизменным.

Работы по обработке покрытий пропиточным составом с помощью автотопливоцистерны типа АЦ-8-500 проводят в безветренную или маловетренную погоду при температуре воздуха не ниже +10° С.

Состав полимерной пропиточной СПА предназначен для предупреждения или устранения поверхностного разрушения (шелушения) цементобетонных покрытий на автодорогах и аэродромах. Состав прошел широкие натурные испытания в объеме более 3 тыс. тонн на аэродромах и получил положительную оценку потребителей. Расход раствора составляет от 150 до 500 г/м<sup>2</sup>. СПА для пропитки цементобетонных аэродромных покрытий позволяет увеличить их коррозионную стойкость против химических реагентов борьбы с гололодом и морозостойкость. Нанесение раствора на защищаемую поверхность производится средствами лакокрасочной технологии.

### 3.4. Материалы для искусственных оснований жестких аэродромных покрытий

Искусственные основания аэродромных покрытий входят в их состав и являются нижним их слоем. Искусственные основания предназначены для обеспечения (совместно с собственно покрытием) передачи нагрузок от воздушных судов на грунтовое основание. Помимо несущей функции искусственные основания в определенных условиях должны выполнять дренирующие, противозаиливающие, термоизолирующие, гидроизолирующие, противопучинные функции. Кроме того искусственное основание должно уменьшать коробление цементобетонных плит при действии температуры, предотвращать выдавливание увлажненного грунта из-под краев и через швы покрытия, обеспечить ровность и устойчивость собственно покрытия против неравномерных вертикальных смещений, повысить прочность и трещиностойкость покрытия, обеспечить проезд по основанию автомобилей и гусеничных бетоноукладчиков в период строительства.

Функции, выполняемые искусственным основанием, определяют требуемые строительные материалы, из которых они должны быть устроены.

Согласно [22] для искусственных оснований и термоизоляционных слоев аэродромных покрытий следует применять: бетон тяжелый и мелкозернистый по ГОСТ 26633; бетон легкий по ГОСТ 25820; жесткие бетонные смеси по ТУ 218 РФ 620-90; материалы щебеночные, гравийные и песчаные, не обработанные по ГОСТ 25607 и обработанные неорганическими по ГОСТ 23558 и органическими вяжущими; щебень и гравий по ГОСТ 3344; ГОСТ 23845; песок по ГОСТ 8736, а также другие местные материалы.

Для устройства искусственных оснований жестких аэродромных покрытий используют [22] тяжелые обычные бетоны класса по прочности на растяжение при изгибе ( $B_{\text{гтс}}$ ) 2,8 с расчетным сопротивлением растяжению при изгибе  $R_{\text{гтс}} = 2,26$  МПа; мелкозернистые (песчаные) бетоны класса по прочности на растяжение при изгибе ( $B_{\text{гтс}}$ ) от 1,6 до 2,4 с расчетным сопротивлением растяжению при изгибе ( $R_{\text{гтс}}$ ) от 1,2 до 1,8 МПа. В качестве крупных заполнителей для тяжелых бетонов используют щебень по ГОСТ 8267, щебень из гравия по ГОСТ 10260 со средней плотностью от 2000 до 2800 кг/м<sup>3</sup>. Мелкий заполнитель для бетонов выбирают по зерновому составу, содержанию пылевидных и глинистых частиц, со средней плотностью от 2000 до 2800 кг/м<sup>3</sup>. Песок из отсевов дробления и обогащенный песок из отсевов дробления должен иметь марки по прочности исходной горной породы или гравия не ниже 800 (поврежденные породы), 400 (осадочные породы) и Д<sub>р</sub>16 (гравий). Для регулирования улучшения свойств бетонной смеси и бетона, снижения расхода цемента и энергетических затрат следует принимать химические добавки по ГОСТ 24211.

Вода для затворения бетонной смеси и приготовления растворов химических добавок должна соответствовать требованиям ГОСТ 23272.

Для искусственных оснований аэродромных покрытий используют также тощие бетоны класса по прочности В7,5 и В10, нашедшие широкое применение за рубежом. Он представляет собой разновидность дорожного цементобетона, характеризующегося низким расходом цемента и повышенной жесткостью бетонной смеси, и отличается от каменных материалов, обработанных цементом в смесительной установке, целенаправленным подбором гранулометрического состава смеси и наличием добавок поверхностно-активных веществ (ПАВ). Как и обычные бетонные смеси, тощий бетон готовят в бетономешалках, оборудованных дозиметрами. За счет такого дозирования подобранных компонентов и добавок ПАВ бетон имеет значительно более высокую прочность и морозостойкость, чем укрепленные грунты и каменные материалы при одинаковом или даже более низком расходе цемента.

Основания из тощего бетона устраивают без деформационных швов, используются машины, что и при строительстве оснований из укрепленных грунтов. Используются также бетоноукладчики и щебнеукладчики. Применяют тощие бетоны класса по прочности на сжатие: В5; В10; В12,5; В15, а по прочности на растяжение при изгибе  $B_{отв}$  классов: 1,6; 2,0; 2,4; 2,8. Приблизительный состав тощего бетона класса В10: щебень крупностью до 40 мм – 1440 кг/м<sup>3</sup>, аллювиальный песок средней крупности – 650 кг/м<sup>3</sup>, портландцемент марки 400 – 95 кг/м<sup>3</sup>, вода 125л/м<sup>3</sup>. Жесткость смеси тощего бетона такого состава около 80 с, плотность 2,33 т/м<sup>3</sup>.

Ориентировочный расход цемента в тощих бетонах приведен в табл. 3.17 [9].

**Таблица 3.17. Наибольший допустимый расход цемента для приготовления тощих бетонов**

Марка цемента по ГОСТ 10178	Класс бетона по прочности на сжатие		
	В5	В7,5	В10
Крупнозернистый бетон			
300	90	140	190
400	80	120	160
500	75	110	140
Мелкозернистый бетон			
300	150	240	300
400	135	200	250
500	120	180	220

Тощий дорожный бетон, как и другие виды низкокласных бетонов, имеет относительно более высокую прочность на растяжение при изгибе по сравнению с тяжелыми бетонами высоких классов. Так отношение прочности

при сжатии к прочности на растяжение при изгибе для тощих бетонов составляет 4-5, а для тяжелых бетонов высоких классов – 7-8. Это обстоятельство наделяет тощие бетоны серьезным преимуществом при их использовании в основаниях аэродромных покрытий, поскольку прочность аэродромных покрытий определяется прочностью на растяжение при изгибе.

Для искусственных оснований аэродромных покрытий могут также применяться легкие бетоны по ГОСТ 25820. Обычно применяют керамзитобетон и шлакобетон, являющиеся конструкционно-теплоизоляционными материалами. Керамзитобетоны могут иметь класс прочности на растяжение при изгибе ( $B_{ггг}$ ) от 1,6 до 2,8 с расчетным сопротивлением растяжению при изгибе ( $R_{ггг}$ ) от 1,2 до 2,1 МПа. Шлакобетон должен иметь класс прочности на растяжение при изгибе ( $B_{ггг}$ ) не менее 1,6, а расчетное сопротивление растяжению при изгибе ( $R_{ггг}$ ) – не менее 1,2 МПа.

Смеси для изготовления легких бетонов должны соответствовать требованиям ГОСТ 7473.

Жесткость или подвижность бетонных смесей должна отвечать требованиям, устанавливаемым в стандартах или технических картах предприятия.

Крупные и мелкие пористые заполнители должны соответствовать требованиям ГОСТ 9759 – керамзитовые гравий и песок; ГОСТ 9760 – пористые щебень и песок из металлургического шлака (шлаковая пемза); ГОСТ 25592 – смесь золошлаковая тепловых электростанций. Крупные пористые заполнители применяют в виде фракций отдельно допустимых при приготовлении бетонной смеси с размером зерен от 5 до 10 мм, св. 10 до 20 мм и св. 20 до 40 мм.

В качестве мелких заполнителей для приготовления легких бетонов используют: для конструкционно-теплоизоляционных бетонов – пористые пески, золы ТЭС, золошлаковые смеси; для теплоизоляционных бетонов – пористые пески; для конструктивных бетонов – пористые или плотные пески. Зерновой состав пористых песков должен отвечать требованиям ГОСТ 9557.

В качестве вяжущих материалов необходимо применять цементы, соответствующие требованиям ГОСТ 10178, ГОСТ 22266, ГОСТ 15825, ГОСТ 965. В аэродромном строительстве преимущественно применяют портландцементы.

В качестве добавок, вводимых для улучшения свойств легких бетонов следует применять (табл. 3.18):

- для теплоизоляционных – регулирующие пористость (воздухововлекающие, газообразующие и пенообразующие), гидрофобизирующие и пластифицирующие;
- для конструктивных – регулирующие пористость, гидрофобизирующие, пластифицирующие, а также, в случае необходимости, – регулирующие сроки схватывания и твердения или ингибиторы коррозии.

Таблица 3.18. Основные рекомендуемые добавки для легких бетонов

Вид добавки	Наименование	Условная марка	Нормативный документ
Воздухововлекающая	Смола нейтрализованная воздухововлекающая	СНВ, СНВК	ТУ 81-05-75
	Клей талловый пековый	КТП	ОСТ 13-145
	Пек талловый омыленный	ОТП	ОСТ 13-145
	Смола древесная омыленная	СДО	ТУ 13-05-02; ТУ 81-05-16
	Синтетическая поверхностно-активная добавка	СПД-М	ТУ 38-30318
Пенообразующая	Клееканифольный пенообразователь на основе костного клея по ГОСТ 2067, сосновой канифоли по ГОСТ 19113 и едкого натра по ГОСТ 2263	ККПО	
	Древеснопеконизвестковый пенообразователь на основе СДО и извести	ДПИ	Рекомендации по изготовлению изделий из керамзитобетона, поризованного вязкой пеной, НИИЖБ Госстроя СССР, М., 1984
	Паста алкисульфатов синтетических жирных спиртов	СП-1	ТУ 38-10755
	Вещество жидкое моющее "Прогресс"	СП-3	ТУ-38-10719
	Сульфонал	С	ТУ 6-01-1001
Газообразующая	Пудра алюминиевая	ПАК, ПАП-1	ГОСТ 5494
	Полигидросилоксаны (бывшая ГКЖ-94)	136-41	ГОСТ-10834
Суперпластификатор	Разжижитель С-3	С-3	ТУ 6-14-625
	Дофен	ДФ	ТУ 6-188
	Меламиноформальдегидная анионоактивная смола	МФ-АР (МФАС-Р100П)	ТУ 6-05-1926
	Разжижитель СМФ	СМФ	ТУ 6-14-925
Суперпластифицирующая	Лигносulfонаты технические модифицированные – пластификатор цемента	ЛСТМ-2	ОСТ 13-287
Пластифицирующая	Лигносulfонаты технические (бывшая СДБ)	ЛСТ	ОСТ 13-183
	Водорастворимый препарат ВРП-1	ВРП	ТУ 59-109
	Водорастворимый препарат		

	С-1	С-1	ТУ 6-14-10-155
--	-----	-----	----------------

Продолжение табл. 3.18.

Вид добавки	Наименование	Условная марка	Нормативный документ
Пластифицирующая	Монолит-1	М-1	ТУ 69 БССР350
	Смола ацетонформальдегидная	АЦФ-3М	ТУ 59.02.039.57
Стабилизирующая	Полиэтиленэноксид, полиоксиэтилен, гипан	ГПН	ТУ 6-010166
Пластифицирующе-воздухововлекающая	Щелочной сток производства капролоктана (модифицированный)	ЩСПКМ	ТУ 113-03-488
	Смола омыленная водорастворимая	ВЛХК	ТУ 13-400177-34
	Этилсиликонат натрия	ГКЖ	ТУ 6-02-696
	Метил силиконат натрия	ГКЖ-11	ТУ 6-02-696
Ускорители схватывания и твердения, противоморозная	Поташ, калий углекислый, карбонат калия	П	ГОСТ 10690
	Нитрат кальция	НК	ГОСТ 4142, ТУ 113-03-367
	Хлорид натрия	ХН	ГОСТ 13830
	Сульфат натрия	СН	ГОСТ 6318
	Нитрит натрия	НН	ГОСТ 19906
Гидрофобизирующая	Фенилэтоксилоксан	113-63 (ФЭС-52)	ТУ 6-020995
	Алюмометилсиликонат натрия	АМФ	ТУ 158, ТУ 6-02-700
Уплотняющая	Полиамидная смола № 89	(С-89)	ТУ 6-05-1224
	Алифатическая эпоксидная смола ТЭГ-1	ТЭГ-1	ТУ 6-05-1823
	Сульфат алюминия	СА	ГОСТ 11159, ГОСТ 12966
Ингибитор коррозии стали	Бихромат натрия	БХН	ГОСТ 2651
	Бихромат кальция	БХК	ГОСТ 2652
	Катапин-ингибитор	КИ-1	ТУ 6-01-873
Бактерицидная	Катапин-бактерицид	КБ	ТУ 6-01-1026

Вода для приготовления легких бетонов должна соответствовать требованиям ГОСТ 23732.

Составы легких бетонов подбирают по ГОСТ 27006. Технологию приготовления бетона следует назначать в соответствии со СНиП 3.09.01.

Для создания искусственных оснований аэродромных покрытий широко используются щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства.

Щебень из горных пород – это сыпучий материал, состоящий из зерен крупнее 5 мм, получаемый дроблением горных пород, глыб и валунов, а также гравия или некондиционных отходов предприятий по переработке руд и других ископаемых с последующим рассевом продуктов дробления.

Гравий из горных пород – сыпучий материал с зернами крупнее 5 мм, получаемый рассевом природных песчано-гравийных смесей.

Щебень и гравий выпускают в виде следующих основных фракций от 5 (3) до 10 мм; св. 20 до 40 мм; св. 40 до 80 (70) мм и смеси фракций от 5 (3) до 20 мм. Щебень из гравия должен содержать дробленые зерна в количестве не менее 80 % по массе.

Прочность щебня и гравия характеризуют маркой, определяемой по дробимости щебня (гравия) при сжатии. Щебень и гравий, предназначенные для строительства аэродромов, характеризуют маркой по истиранию в полочном барабане. Для устройства искусственных оснований аэродромных покрытий можно применять щебень марки по дробимости 600, а по истираемости – И1. Содержание зерен пластинчатой и игловатой формы в щебне не должно превышать 15 % по массе, а в гравии таких зерен не должно быть более 35 % по массе.

Содержание зерен слабых пород в щебне и гравии в зависимости от вида горной породы и марки по дробимости не должно быть более указанного в табл. 3.19 [7].

*Таблица 3.19. Максимально допустимое содержание зерен слабых пород в щебне и гравии*

Вид породы и марка по дробимости щебня и гравия	Содержание зерен слабых пород в % по массе
Щебень из изверженных, метаморфических и осадочных горных пород марок: 1400, 1200 100 800, 600, 400 300	5 10 15
Щебень из гравия и валунов и гравий марок: 1000, 800, 600 400	10 15

Содержание в щебне и гравии пылеватых и глинистых частиц (размером менее 0,05 мм) в зависимости от вида горной породы и марки по дробимости должно быть не более указанного в табл. 3.20 [7].

В щебне и гравии, используемом для аэродромного строительства не должно содержаться глины в комках более указанных в табл. 3.21 [7].

Щебень и гравий не должны содержать посторонних засоряющих примесей. Щебень и гравий целесообразно использовать в качестве оснований аэродромных покрытий в виде пластового дренажа с закомочными дренами. Такое основание обеспечит надлежащую прочность, надежность и долговеч-



ность жесткого покрытия на аэродромах, расположенных во II и III ДКЗ, а также в районах с выпадением большого количества атмосферных осадков.

**Таблица 3.20. Максимально допустимое содержание пылеватых и глинистых частиц в щебне и гравии**

Вид породы и марка по дробимости щебня и гравия	Содержание пылеватых и глинистых частиц в % по массе
Щебень из изверженных и метаморфических пород марок: св. 800 св.600 до 800 включ.	1
	1
Щебень из осадочных пород марок: от 600 до 1200 включ. 200, 400	2
	3
Щебень из гравия и валунов и гравий марок: 1000 800 600 400	1
	1
	2
	3

В практике строительства жестких аэродромных покрытий нередко используются искусственные основания или их отдельные слои из щебеночно-гравийно-песчаных, гравийно-песчаных и щебеночно-песчаных смесей. Щебень, входящий в состав этих смесей, должен по зерновому составу прочности, содержанию зерен пластинчатой и иглообразной формы, содержанию пылеватых и глинистых частиц, глины в комках, дробленных зерен в щебне из гравия соответствовать требованиям ГОСТ 8267-93, изложенным выше.

**Таблица 3.21. Максимально допустимое содержание глины в комках в щебне и гравии**

Марка по дробимости щебня и гравия	Содержание глины в комках в % по массе
Щебень из изверженных, осадочных и метаморфических пород марок: 400 и выше 300, 200	0,25
	0,5
Щебень из гравия и валунов и гравий марок: 1000, 800, 600, 400	0,25

Марка по дробимости щебня из осадочных пород не должна быть ниже 300.

Для щебня, используемого в указанных смесях, марка по пластичности должна быть не ниже Пл1, а по водостойкости – В1. Зерновой состав смесей должен соответствовать требованиям, указанным в табл.3.22.

**Таблица 3.22. Зерновой состав щебеночно-гравийно-песчаных, гравийно-песчаных и щебеночно-песчаных смесей.**

Номер смеси	Наибольший размер зерен (Д)	Полный остаток на ситах размером, мм									
		120	80	40	20	10	5	2,5	0,63	0,16	0,05
<b>Смеси для покрытий</b>											
C1	40	-	0-5	0-20	20-40	35-60	45-70	55-80	70-90	75-92	80-93
C2	20	-	-	0-5	0-20	10-35	25-50	35-65	55-80	65-90	75-92
<b>Смеси для оснований (непрерывная гранулометрия)</b>											
C3	120	0-10	15-30	20-50	40-65	50-75	65-85	75-90	80-95	95-100	95-100
C4	80	0-2	0-15	20-60	40-80	55-85	65-85	75-90	85-95	95-100	95-100
C5	80	0-2	0-15	10-35	20-50	30-65	40-75	50-85	70-90	90-95	95-100
C6	40	-	0-5	0-20	40-60	60-80	70-85	75-85	85-95	93-97	95-100
C7	20	-	-	0-5	0-20	20-40	40-60	55-70	75-85	90-95	95-100
C8	20	-	-	0-5	0-20	40-70	60-85	70-95	85-97	90-97	92-100
<b>Смеси для оснований (полупрерывистая гранулометрия)</b>											
C9	80	0-2	0-20	15-40	28-64	40-79	48-85	55-88	69-92	87-97	95-100
C10	40	-	0-5	0-20	17-40	30-64	42-80	49-86	65-91	85-95	95-100
C11	20	-	-	0-5	0-20	18-40	32-64	42-80	60-80	83-95	95-100
<b>Смеси для расклинки</b>											
C12	10	-	-	-	0-5	0-20	30-70	50-85	75-95	89-93	90-100
C13	5	-	-	-	-	0-5	0-20	20-70	55-95	75-98	80-100

**Примечание.** Допускается использование смесей: C1 и C2 – для устройства оснований при соответствующим технико-экономическом обосновании; C3-C11 – для устройства дополнительных слоев основания.

Для морозозащитных слоев основания аэродромных покрытий следует применять непучинистые смеси.

Коэффициент фильтрации для дренажных слоев аэродромных покрытий должен быть не менее 7 м/сут [22], [3].

Приведенные в [22], [3] рекомендации по коэффициенту фильтрации дренажных слоев (пластового дренажа) аэродромных покрытий являются неприемлемыми, поскольку при коэффициенте фильтрации 7 м/сут не будет обеспечен своевременный отвод поверхностных и подземных вод из дренажного слоя. В результате покрытия будут работать в крайне неблагоприятных условиях, что приведет к их преждевременному разрушению. Поэтому использовать указанные выше смеси для дренажных слоев недопустимо. Для дренажных слоев аэродромных покрытий следует использовать щебень или гравий без укрепления или с укреплением его вяжущим с коэффициентом фильтрации (при гидравлическом градиенте  $J=1$ ) равным не менее 10000 м/сут. Толщину такого искусственного основания (дренажного слоя) следует определять расчетом, но принимать не менее 15 см [22], [14], [24].

Жесткие аэродромные покрытия на естественных грунтовых основаниях можно устраивать лишь в тех случаях, когда грунты обладают высокой дренирующей способностью, а гидрогеологические условия местности являются благоприятными (I тип по гидрогеологическим условиям). Во всех остальных случаях жесткие аэродромные покрытия нуждаются в искусственных основаниях.

Для повышения качества и долговечности современных конструкций аэродромных покрытий устраивают основания из каменных материалов, а также местных грунтов, укрепленных органическими и минеральными вяжущими.

Под искусственным укреплением сыпучих материалов грунтов следует понимать совокупность воздействий на них добавок вяжущих, гранулометрических элементов и технологических процессов, обеспечивающих формирование заданных структурно-механических свойств материалов и грунтов. К этим свойствам можно отнести механическую и усталостную прочность, сдвигоустойчивость, морозостойкость, водоустойчивость, которые определяют долговечность покрытия.

Обработка вяжущими позволяет использовать при устройстве искусственных оснований местные, относительно малопрочные, материалы и грунты, использование которых без укрепления было бы невозможным.

Наиболее предпочтительными материалами для их обработки вяжущими с целью использования для устройства искусственных оснований жестких аэродромных покрытий являются щебень и гравий. Основания из щебня и гравия, укрепленных вяжущими, отлично зарекомендовали себя при устройстве автомобильных дорог и аэродромов благодаря не только своим высоким физико-механическим свойствам, но, главным образом, и отличной водопроницаемостью [20]. Дренажные слои "открытого типа" из щебня и гравия, укрепленного битумными эмульсиями, обеспечили высокую прочность, работоспособность и долговечность жестких покрытий автомобиль-

ных дорог и аэродромов в США, Германии, Франции и в других высокоразвитых странах.

Существуют три основных метода обработки крупнообломочного материала (щебня и гравия) и различных грунтов для устройства искусственных оснований аэродромных покрытий вяжущими: пропитка, смешение в установках и смешение на месте. Все три метода используют при укреплении материалов органическими вяжущими, а для обработки материалов неорганическими вяжущими используют метод смешения в устройствах и метод смешения на месте.

*Метод пропитки* заключается в розливе горячего вяжущего под давлением по поверхности слоев уплотненного щебня. При розливе вяжущее заполняет пустоты между зернами щебня, обволакивая их поверхность. Многократная укатка каждого слоя щебня, пропитанного вяжущим, образует плотный монолит покрытия. Устройство дренажных слоев этим методом не всегда целесообразно из-за низкой водопроницаемости такого монолита.

*Метод смешения в установке* предусматривает смешение щебня, гравия или грунта с вяжущим в смесительных лопастных установках (производительностью 60-1000 т/ч) с последующей механизированной укладкой смеси в дело. При смешении материалов с вяжущим в смесительной установке достигается более полное и равномерное обволакивание поверхности сыпучих материалов вяжущими.

*Метод смешения на месте* состоит в приготовлении материала, из которого создается основание или покрытие на месте их устройства (из местных грунтов).

Отметим, что наиболее экономичным из методов смешения является метод смешения на месте. Метод смешения в установке требует дополнительных работ по транспортированию материалов к смесителю и готовой смеси к месту её укладки. Вместе с тем, несмотря на удорожание работ, связанное с транспортными перевозками, этот метод обеспечивает более точное дозирование и равномерное распределение вяжущих и добавок, равномерные физико-механические характеристики и толщину обрабатываемого слоя искусственного основания, независимость от погодных условий.

При устройстве оснований методом смешения в установке следует использовать щебни и гравий размером 40-70 мм с минимальным количеством мелких фракций, проходящие сквозь сито № 10. Это даст возможность уменьшить толщину слоя искусственного основания жесткого покрытия, увеличить его прочность и дренирующую способность. Щебень и гравий, используемые для искусственных оснований аэродромных покрытий с их обработкой органическим вяжущим, должны иметь марку по дробимости не менее 600 и удовлетворять требованиям ГОСТ 25607.

При смешении в установках получают горячие, теплые и холодные смеси. Для горячих смесей применяют вязкие битумы БНД-40/60, БНД-60/90, БНД-90/130, БНД-130/200; для теплых смесей – вязкие битумы БНД-130/200 и БНД-200/300 по ГОСТ 22245-90 или жидкие битумы

СГ-130/200 и МГ-130/200; для холодных – жидкие битумы СГ-70/130, СГ-130/200, МГ-70/130 и МГ-130/200 по ГОСТ 11955.

Кроме щебня и гравия, укрепляемых органическими вяжущими, в слоях искусственных оснований аэродромных покрытий могут использоваться различные грунты, смешиваемые с органическими вяжущими методами смешения в установках и на месте. Сведения о рекомендуемых органических вяжущих для укрепления различных видов грунтов с учетом природных условий их использования приведены в табл. 3.23.

**Таблица 3.23. Рекомендуемые органические вяжущие материалы для укрепления грунтов, используемых в качестве искусственных оснований аэродромных покрытий в различных дорожно-климатических зонах (ДКЗ) [4]**

Наименование грунтов и рекомендуемых для их укрепления вяжущих материалов и добавок различных веществ	ДКЗ
Крупнообломочные нецементированные грунты, близкие к оптимальному составу, пески гравелистые, крупные и средние разнородные: – битумные эмульсии совместно с цементом или с добавкой извести; – жидкие битумы с добавкой поверхностно-активных веществ; – каменноугольные дегти с добавкой извести;	II, III, IV, V
– жидкие нефтяные битумы совместно с цементом; – жидкие битумы; – каменноугольные дегти	IV, V
Крупнообломочные нецементированные грунты неоптимального состава, одномерные крупные, средние и мелкие пески: – битумные эмульсии совместно с цементом или с добавкой извести;	II, III, IV, V
– битумные эмульсии совместно с карбамидными смолами;	II, III
– жидкие нефтяные битумы совместно с цементом; – жидкие битумы с добавкой поверхностно-активных веществ; – каменноугольные дегти	IV, V
Пылеватые пески, различные супеси с числом пластичности не менее 3: – битумные эмульсии совместно с цементом или с добавкой извести; – жидкие битумы с добавкой поверхностно-активных веществ; – каменноугольные дегти с добавкой извести;	II, III, IV, V
– битумные эмульсии совместно с карбамидными смолами;	II, III
– жидкие нефтяные битумы совместно с цементом; – каменноугольные дегти	IV, V
Супеси близкие к оптимальному составу, супеси легкие крупные и пылеватые: – битумные эмульсии совместно с цементом или с добавкой извести; – каменноугольные дегти с добавкой извести;	II, III, IV, V
– жидкие битумы с добавкой поверхностно-активных веществ;	II, III
– жидкие битумы совместно с цементом; – жидкие битумы; – каменноугольные дегти	IV, V

Наименование грунтов и рекомендуемых для их укрепления вяжущих материалов и добавок различных веществ	ДКЗ
Супеси тяжелые пылеватые, суглинки легкие, суглинки легкие пылеватые: – битумные эмульсии совместно с цементом или с добавкой извести; – жидкие битумы с добавкой поверхностно-активных веществ; – каменноугольные дегти с добавкой извести;	IV, V
– битумные эмульсии совместно с карбамидными смолами;	II, III
– жидкие нефтяные битумы совместно с цементом	IV, V
Суглинки тяжелые и тяжелые пылеватые: – жидкие битумы с добавкой извести и поверхностно-активных веществ; – каменноугольные дегти с добавкой извести;	III
Глины песчаные и глины пылеватые с числом пластичности не более 22: – жидкие битумы с добавкой извести и поверхностно-активных веществ	IV, V

Грунты неоптимального гранулометрического состава, однородные пески и супеси с числом пластичности менее 3 укрепляют после введения в них добавок активных веществ: золы уноса, золошлаковых смесей, молотого известняка и др.

Засоленные грунты с числом пластичности менее 17 при содержании в них легкорастворимых солей до 5 %, следует укреплять жидкими битумами с добавками извести и поверхностно-активных веществ или после введения в грунт гранулометрических добавок. Засоленные грунты, содержащие поглощенный натрий в количестве более 20% объема грунта, укрепляют жидкими битумами с добавкой поверхностно-активных веществ, после введения которых число пластичности грунта не должно превышать 17.

Для укрепления грунтов органическими вяжущими применяют нефтяные жидкие битумы классов СГ и МГ марок 25/40, 40/70, 70/103; жидкие сланцевые битумы – марок С-12/20, С-20/35, С-37/70, С-70/130. Выбор класса и марок жидких нефтяных и сланцевых битумов производится в зависимости от ДКЗ и свойств укрепленных ими грунтов. Во II и III ДКЗ применяют нефтяные жидкие битумы классов СГ и МГ марок 25/40 и сланцевые жидкие битумы марок С-12/20, С-20/35, а в IV и V ДКЗ – нефтяные жидкие битумы марок С-35/70, С-70/130.

Жидкие битумы классов СГ и МГ марок 40/70 и 70/130 и сланцевые С-30/70, С-70/130 используют для укрепления крупнообломочных и песчаных грунтов, а классов СГ и МГ марок 25/40, С-12/20, С-20/35 – для укрепления супесей, суглинков и глин.

Для укрепления грунтов во II- V ДКЗ используют битумные анионные эмульсии класса МА, приготовленные на основе нефтяных битумов марок БНД 200/300, БНД 130/200, БНД 90/130, БНД 60/90 и БНД 40/60. В качестве эмульгаторов применяют нефтяные сульфокислоты (2,4-2,6 %), госсиполо-

вую смолу (8-10 %), второй жировой гудрон (8-10 %), массы битума. Допускается также применять сульфитно-дрожжевую бражку (СДБ).

Важную роль в сцеплении вяжущего вещества с поверхностью частиц грунта играют поверхностно-активные вещества. Катионоактивные вещества (амины АБ, диамины, БП-2 и др.) используют для повышения сцепления нефтяного битума с крупнообломочными и песчаными грунтами во II и III ДКЗ. Анионоактивные вещества (синтетические жирные кислоты, древесная, сланцевая и госсиполовая смолы) улучшают сцепление нефтяных битумов с глинистыми грунтами, в том числе и засоленными в III-V ДКЗ.

Ориентировочный расход органических вяжущих для укрепления грунтов указан в табл. 3.24 [4].

**Таблица 3.24. Ориентировочный расход органических вяжущих для укрепления грунтов**

Грунты	Расход вяжущих		
	жидкий нефтяной битум и жидкий сланцевый битум	битумная эмульсия (по содержанию битума)	каменноугольный деготь
Крупнообломочные грунты близкие к оптимальному составу, пески гравелистые, крупные и средней крупности (разнозернистые), супеси близкие к оптимальному составу	$\frac{3-5}{66-100}$	$\frac{3-5}{66-100}$	$\frac{3-5}{66-100}$
Крупнообломочные грунты оптимального состава, пески гравелистые, крупные и средней крупности и однородные мелкие, супеси пылеватые с числом пластичности менее 3	$\frac{4-6}{88-130}$	$\frac{4-6}{88-130}$	$\frac{4-6}{88-130}$
Супеси легкие пылеватые и тяжелые пылеватые, суглинки легкие и легкие пылеватые	$\frac{5-8}{110-180}$	$\frac{5-7}{110-160}$	$\frac{6-9}{130-200}$
Суглинки тяжелые и суглинки тяжелые пылеватые, глины песчаные и пылеватые с числом пластичности не более 22	$\frac{8-10}{180-200}$	$\frac{6-7}{130-160}$	$\frac{8-13}{180-200}$

**Примечание.** Расход вяжущих указан над чертой в % массы грунтов, под чертой – в кг/м<sup>3</sup>.

Битумные вяжущие (битумная эмульсия, нефтяной битум) совместно с цементом применяют для укрепления несвязных и малосвязных грунтов: крупнообломочных оптимального грансостава, песков гравелистых, крупных, средней крупности и мелких неоднородных, а также легких супесей.



Ориентировочные значения количества вяжущего и оптимальной влажности приведены в табл. 3.25.[4].

**Таблица 3.25. Ориентировочный расход органически вяжущих материалов для укрепления грунтов и оптимальная влажность смеси при уплотнении**

Грунты	Расход вяжущих		Оптимальная влажность при уплотнении, % массы
	битумная эмульсия, жидкий нефтяной битум, нефть	цемент	
Крупнообломочные близкие к оптимальному составу, пески гравелистые крупные и средней крупности (разноразмерные), супеси близкие к оптимальному составу	$\frac{4-5}{88-110}$	$\frac{3-7}{66-160}$	5-8
Крупнообломочные грунты и пески гравелистые неоптимального состава	$\frac{4-5}{88-110}$	$\frac{5-9}{110-200}$	5-10
Пески крупные, средней крупности, мелкие однородные, пылеватые, супеси легкие крупные, легкие и тяжелые пылеватые неоптимального состава	$\frac{5-6}{110-130}$	$\frac{7-10}{160-200}$	6-14

**П р и м е ч а н и е.** Расход вяжущих указан над чертой в % массы грунтов, под чертой – в кг/м<sup>3</sup>.

Крупнообломочные материалы можно укреплять портландцементом как по методу смешения в установке, так и по методу смешения на месте, используя их для устройства искусственных оснований цементобетонных покрытий. При укреплении цементом щебня и гравия расход цемента меньше, чем при укреплении грунтов.

Укрепление щебня и гравия цементом выполняют обоими способами смешения. Укрепление смесей в установке дает более высокое их качество, благодаря точному дозированию воды и цемента и тщательному перемешиванию всех компонентов. Щебень и гравий, подлежащие укреплению цементом, для использования в искусственных основаниях аэродромных покрытий должны иметь марку не менее 600 и по всем иным характеристикам соответствовать требованиям ГОСТ 25 07. При этом должны использоваться крупно- и среднезернистые фракции соответственно с размерами частиц до 70 мм и до 40 мм.

Разрешается укреплять вяжущими материалами крупнообломочные грунты прерывистого гранулометрического состава, если наибольшие и

наименьшие размеры частиц не выходят за пределы кривых оптимального состава.

Для устройства искусственных оснований аэродромных покрытий в качестве конструктивных слоев могут быть использованы все виды и разновидности крупнообломочных, песчаных и глинистых грунтов, а также гравийно-песчаные и щебеночно-песчаные смеси и отходы камнедробления.

Наиболее пригодными для укрепления цементом являются щебенистые и гравелистые грунты, супеси и легкие суглинки. Суглинки и глины можно укреплять цементом при числе пластичности не более 27. Глину с числом пластичности до 22 можно укреплять цементом с введением добавок песка, гравия или отходов камнедробления. Глины с числом пластичности от 17 до 27 допускаются укреплять цементом после введения химических добавок, изменяющих коллоидно-химическую структуру грунта.

Ориентировочный расход цемента для укрепления различных видов грунтов приведен в табл. 3.26 [9].

Таблица 3.26. Потребный расход цемента для укрепления грунта

Грунт	Расход цемента, % от массы грунта
Грунтогравийные и грунтощебеночные смеси	3-5
Пески и супеси с числом пластичности менее 3	4-7
Супеси с числом пластичности 3-7 и легкие супеси	8-11
Глины песчанистые и пылеватые	10-12

При неблагоприятных грунтовых условиях (рыхлые, переувлажненные, неоднородные, засоленные, набухающие и др.) для улучшения физико-механических характеристик грунта применяют комплексные методы его укрепления портландцементом с добавками активных веществ, отличающихся по характеру своего влияния на грунт: гашеная известь, молотая негашеная известь, хлористый кальций, жидкое стекло, гипс, едкий натр и поверхностно-активные вещества.

Вяжущие и добавки различных веществ принимают в зависимости от вида грунта и ДКЗ, на основе результатов лабораторных исследований.

Крупнообломочные грунты, пески гравелистые, крупные и средней крупности неоднородные укрепляют портландцементом, золой уноса с добавлением (при необходимости) извести, электролитов. Основания или их конструктивные слои из таких грунтов можно устраивать во II-V ДКЗ.

Пески однородные крупные, средней крупности и мелкие укрепляют портландцементом с добавкой золы уноса или высокосмолистой сырой

нефти, жидкого битума, золой уноса в сочетании с известью, добавлением электролитов. Использование таких искусственных оснований или конструктивных слоев в них возможно во II-V ДКЗ.

Супеси тяжелые пылеватые, суглинки легкие и легкие пылеватые укрепляют портландцементом, портландцементом с добавками извести либо золы уноса или электролитов, а также известью с добавкой электролитов или жидкого стекла в III-V ДКЗ, известково-шлаковым цементом в IV-V ДКЗ.

Суглинки тяжелые и суглинки пылеватые укрепляют портландцементом, портландцементом с добавками извести или электролитов, а также известью, известью с добавкой жидкого стекла или электролитов, известково-шлаковым цементом в III-V ДКЗ.

Глины песчанистые и глины пылеватые с числом пластичности не более 22 укрепляют портландцементом с добавками извести или электролитов в III-V ДКЗ и известью с добавкой жидкого стекла или электролитов в IV-V ДКЗ.

Засоленные грунты можно укреплять портландцементом при условии содержания в них солей не более 4 % по массе при хлоридном, сульфидно-хлоридном засолении и 1 % – при сульфатном засолении. При солесодержании 4-6 % (кроме сульфатного засоления) грунты укрепляют портландцементом с добавлением извести, хлористого кальция, хлорного и сернокислого железа.

Грунты, укрепляемые портландцементом или шлакопортландцементом, не должны содержать примеси гипса более 10 % по массе во II и III ДКЗ и более 20 % в IV и V ДКЗ.

Применяемые для укрепления грунтов цементы должны отвечать требованиям ГОСТ 10178-85.

Для устройства цементогрунтовых оснований или конструктивных слоев на аэродромах со значениями категорий нормативных нагрузок в/к, I, II и III во II- V ДКЗ следует, как правило, применять портландцементы марки 400, а на аэродромах со значениями категорий нормативных нагрузок IV, V и VI и сельхозавиации в IV и V ДКЗ допускается применять известково-шлаковые, известково-пуццолановые, известково-глинистые и известково-золевые цементы.

Известь (строительную 1 и 2 сортов) или известь с добавками применяют для мелиорации песчанистых и пылеватых глин. Добавки повышают прочность и водоустойчивость укрепляемого грунта. Добавками служат хлористый кальций, жидкое стекло, едкий натр, сернокислый натрий.

Укрепление глинистых грунтов известью или известково-шлаковым цементом возможно, если их влажность на границе текучести не будет превышать 55 %, а число пластичности будет не меньше 5 (супеси, суглинки, глины).

Известково-шлаковый цемент, используемый для укрепления тяжелых суглинков и глин, должен содержать известь в пределах 15-25 % массы цемента.

Зола уноса сухого отбора применяются для укрепления грунтов в качестве самостоятельного вяжущего и активной добавки к извести и цементу. Зола уноса совместно с цементом следует использовать при марке цемента не ниже 300. Удельная поверхность золы уноса должна быть не менее 3000 см<sup>2</sup>/г.

Засоленные грунты укреплять золами уноса можно при содержании в них солей не более 3 % при сульфатном и не более 5 % при хлоридном засолении, при этом значение рН не должно быть менее 4.

Количество основного вяжущего для укрепления грунтов ориентировочно может быть принято по табл. 3.27 [4].

Таблица 3.27. Ориентированный расход основного вяжущего для укрепления грунтов

Грунты	Расход минеральных вяжущих материалов (ориентировочный)			
	портландцемент, шлакопортландцемент		известь	
	верхний слой основания или покрытия	нижний слой основания	верхний слой основания или покрытия	нижний слой основания
Крупнообломочные, нецементированные (гравийные, дресвяные, щебенистые), а также грунтогравийные и грунтощебеночные смеси, близкие к оптимальному составу, пески гравелистые, крупные, средние (разнозернистые)	$\frac{4-8}{80-180}$	$\frac{3-6}{60-120}$	$\frac{3-6}{60-120}$	$\frac{3-4}{60-80}$
Крупнообломочные, нецементированные грунты, грунтощебеночные смеси неоптимального состава, пески гравелистые, крупные, средние и мелкие одноразмерные, пылеватые	$\frac{6-12}{100-210}$	$\frac{4-8}{70-140}$	—	—
Супеси, близкие к оптимальному составу, супеси легкие, крупные, легкие и тяжелые пылеватые, суглинки (пылеватые и непывеватые)	$\frac{8-12}{160-240}$	$\frac{4-7}{80-140}$	$\frac{6-8}{100-140}$	$\frac{4-6}{70-100}$
Пески разнообразного состава и супеси с числом пластичности менее 3 при добавке золы уноса или золошлаковой смеси в количестве 15-25 % массы смеси	$\frac{4-7}{80-140}$	$\frac{3-4}{60-80}$	$\frac{2-4}{35-80}$	$\frac{2-3}{35-60}$

Грунты	Расход минеральных вяжущих материалов (ориентировочный)			
	портландцемент, шлакопортландцемент		известь	
	верхний слой осно- вания или покрытия	нижний слой осно- вания	верхний слой осно- вания или покрытия	нижний слой осно- вания
Суглинки тяжелые и тяжелые пылеватые	$\frac{11-14}{200-250}$	$\frac{8-12}{150-220}$	$\frac{7-8}{120-150}$	$\frac{5-6}{80-100}$
Глины песчанистые и пылеватые	$\frac{13-15}{230-270}$	$\frac{10-12}{180-220}$	$\frac{8-10}{140-170}$	$\frac{6-8}{100-140}$

Примечание. Расход вяжущих указан в числителе в % массы грунта, в знаменателе в кг/м<sup>3</sup>.

Искусственные основания аэродромных покрытий должны удовлетворять требованиям, изложенным в табл. 3.28 [22].

При устройстве искусственных оснований из крупнозернистых материалов, укладываемых непосредственно на пылеватые или глинистые грунты, должна быть предусмотрена противозаиливающая прослойка, которая исключала бы возможность проникания грунта основания при его увлажнении в слой крупнозернистого материала (дренажного слоя). Толщина противозаиливающей прослойки должна быть не менее размера наиболее крупных частиц материала искусственного основания аэродромного покрытия, но не менее 5 см.

К числу таких материалов можно отнести: песок, местный грунт, обработанный вяжущими, шлак, керамзит и др. В настоящее время в аэродромном и дорожном строительстве в качестве противозаиливающих прослоек, вместо несвязных и укрепленных вяжущим грунтов, широко применяются геотекстильные материалы, изготовляемые из полиамидов, полиэфиров, полипропилена (ПП), полиэстера (ПЭ), нейлона и других полимерных материалов.

Геотекстиль характеризуется: устойчивостью к гниению, разложению, воздействию кислот, щелочей; высокой прочностью на разрыв, морозостойкостью, долговечностью. Физико-механические характеристики некоторых геотекстильных материалов отечественного и зарубежного производства представлены в табл. 3.29.

Для парогидроизоляции грунтовых оснований и конструктивных слоев жестких аэродромных покрытий устраивают капилляропрерывающие парогидроизолирующие прослойки из материалов, обладающих стабильными

свойствами во времени, нетоксичных, безопасных в пожарном отношении, технологичных и долговечных.

**Таблица 3.28. Нормативные требования к морозостойкости материалов искусственных оснований аэродромных покрытий**

Материал слоев искусственных оснований	Морозоустойчивость материалов, не ниже, при среднемесячной температуре воздуха наиболее холодного месяца, °С		
	ниже минус 15	ниже минус 5 до минус 15 включительно	минус 5 и выше
Щебень и щебень из гравия	F50	F25	F15
Гравий	F25	F15	F15
Щебень, гравий, песчано-гравийные, грунтогравийные и грунтощебеночные смеси, укрепленные органическими вяжущими	F25	F25	F15
Щебень, обработанный неорганическими вяжущими	F50	F25	F15
Гравий, песчано-гравийные, грунтогравийные и грунтощебеночные смеси, укрепленные неорганическими вяжущими, пескоцемент и грунтоцемент в части основания:	F25	F25	F15
	верхней	F15	F10
	нижней		
Песчано-гравийные, грунтогравийные и грунтощебеночные смеси	F25	F15	F15
Мелкозернистый бетон, керамзитобетон, шлакобетон, тощий бетон	F50	F50	F25

**П р и м е ч а н и е.** К верхней части основания относятся слои, лежащие в пределах верхней половины глубины промерзания участков, к нижней – слои, лежащие в пределах нижней половины глубины промерзания, считая от поверхности покрытия.

Наиболее часто для этого используют укрепленные грунты, шлаковые слои, укрепленный грунтощебень. Требования к таким материалам регламентируются действующими нормативными документами и далее не рассматриваются. В последнее время для регулирования водно-теплового режима грунтовых оснований аэродромных покрытий широко применяют тканые, нетканые и пленочные материалы на основе пластмасс. Пленочные материалы шириной от 2 до 8 м выпускаются в рулонах при длине пленки от 50 до

200 м. Наиболее распространенными материалами для изготовления пленок являются полиэтилен, поливинилхлорид, полиизобутилен и полипропилен.

Таблица 3.29. Физико-механические характеристики некоторых геотекстильных материалов

Наименование материала	Сырье, технология изготовления	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Прочность на разрыв в продольном направлении, кН/м	Прочность на разрыв в поперечном направлении, кН/м	Прочность на продавливание, Н	Коэффициент фильтрации при нагрузке 2/200 кПа, м/сут	Размеры рулона длина/ширина, м	Масса рулона, кг
Bonar NW 6	ПП нетка-ный	90	6,3	6,3	1100	-	150/5,25	60
Bonar NW 23		120	23,0	18,6	3465	-	100/5,25	135
Terram 900		120	7,5	7,5	1350	-	150/4,5	65
Terram 1000		135	8,0	8,0	1500	-	150/4,5	70
Terram 1300		160	10,5	10,5	2000	-	100/4,5	72
Terram 1500		190	12,5	12,5	2250	-	100/4,5	95
Terram 2000		230	14,5	14,5	2750	-	100/4,5	110
Secutex 150		150	5,0	8,0	1670	-	100/5	89
Secutex 401		400	14,5	23,0	4000	-	100/5,9	236
Secutex R 404		400	7,0	11,0	1600	-	100/5,8	235
Secutex R 1204		1200	22,5	40,0	6000	-	50/5,8	348
Геотекстиль		130	7,03	10,77	-	-	100/5	65
Тайпар		68-375	3,4-30	3,4-30	500-4325	45/28; 8,6/6	150/52	53-195
Geolon PP	ПП тка-ный	100-1200	15-500	15-200	(2,2-20)10 <sup>3</sup>	-	200/5,2	110-970
Geolon PET	ПЭ тка-ный	340-2110	100-1000	50-100	-	-	300/5	1120
Стабиленка		250-1960	100-1000	50-100	-	950/172	300/5	375-1470
Геоком Д 160	ПЭ, ПП не-тка-ный	160	9,0	7,5	1000	55/25	100/4,2	64
Геоком Д 900		900	400	28,0	3100	55/25	50/4,2	140
Геоком Б 360		360	23,0	17,5	-	25/35	50/4,2	80
Геоком ДТМ -100		100	7,0	5,0	1100	25/35	100/4,2	40
Геоком ДТМ-300		300	20,0	16,0	3000	10/25	50/4,2	72
Дорнит		150	>3	>3	>600	40/25	-	96
Дорнит		200	>4	>4	>800	40/25	-	96

В аэродромном строительстве используются пленки из полиэтилена высокого давления и низкой плотности (ВД). Промышленность выпускает пленки толщиной от 0,2 до 0,6 мм. Следует иметь в виду, что полиэтилен обладает высокой химической стойкостью по отношению к кислотам. Однако, он менее устойчив по отношению к жирам и маслам. Под воздействием ультрафиолетовых лучей полиэтиленовые пленки стареют. Поэтому при производстве работ оба вышеназванных факторов необходимо учитывать, не допуская загрязнения пленки жирами и маслами и не подвергая их длительному воздействию солнечных лучей. В аэродромных конструкциях пленки защищают от действия обоих факторов.

Основным показателем физико-механических свойств пленки, представляющих интерес для аэродромного строительства, являются объемная масса, паро- и водонепроницаемость, прочность при растяжении и модуль упругости.

С понижением температуры модуль упругости пленок быстро возрастает, а сопротивление растягивающим напряжениям снижается, что следует учитывать в процессе проектирования земляного полотна.

Поливинилхлоридные пленки не уступают полиэтиленовым по химической стойкости. Их плотность больше, предел прочности на растяжение несколько меньше, модуль упругости выше, а относительное удлинение при разрыве гораздо меньше, чем у полиэтиленовых. Полихлорвиниловые пленки являются более жесткими, что является недостатком в их работе в составе оснований аэродромных сооружений. Однако, они лучше сопротивляются истиранию и прокалыванию. Теплопроводность поливинилхлоридных пленок намного меньше, чем полиэтиленовых, что важно для защиты грунтовых оснований от промерзания. Промышленность выпускает несколько марок поливинилхлоридных пленок толщиной от 0,1 до 2 мм (ДБН-45, В-118, Р-990, ПГТМ-009 и др.). Для аэродромного строительства наиболее подходят пленки толщиной не менее 0,3 мм, стабилизированные сажей. Наиболее эффективными для аэродромного строительства являются пленки из полиэтилена и полихлорвинила, которые по своим строительным свойствам превосходят пленки из полиизобутана и полипропилена.

Весьма перспективным и целесообразным является применение пленочных материалов при строительстве аэродромных покрытий на специфических грунтах: просадочных, набухающих, засоленных, а также на вечной мерзлоте, когда вопросы паро- и гидроизоляции искусственных оснований аэродромных покрытий становятся наиболее актуальными.

Отметим, что пленочные материалы используются также и для устройства распределительной прослойки между верхним и нижним слоями двухслойного монолитного основания.



## ГЛАВА 4. ВЕДУЩИЕ МАШИНЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ

Успешное строительство, реконструкция и ремонт автомобильных дорог и аэродромных сооружений на территории РФ и стран СНГ требуют огромных материальных затрат и трудовых вложений. Без дальнейшего расширения инфраструктуры (дорожной и аэродромной сети) практически невозможно осуществлять: поступательное развитие промышленности, сельского хозяйства, транспорта; освоение новых территорий; строительство городов и населенных пунктов; дальнейшее развитие культуры, науки, туризма.

Решение всех этих вопросов, в свою очередь, во многом зависит от прогресса в развитии механизации и автоматизации строительного производства, использовании новых строительных материалов и передовых методов организации и технологии строительства.

За последние 20 лет модернизация дорожно-строительной техники достигла значительных успехов, практически все технологические процессы строительства дорожных и аэродромных покрытий полностью механизированы, а многие из них и автоматизированы. Существенно возросли темпы строительства автодорог и аэродромных сооружений, качество, надежность и долговечность конечной строительной продукции. На смену старой, хорошо знакомой строительной технике пришла новая, представленная более мощными землеройными машинами, профилировщиками оснований, распределителями и перегружателями бетона, машинами по уходу за бетоном, укладчиками арматуры, нарезчиками швов.

На строительстве сборных железобетонных покрытий применяются новые грузоподъемные машины, позволяющие значительно ускорить строительные-монтажные работы.

Появились новые бетоноукладочные машины, позволяющие быстро и качественно формировать водоотводные лотки и канавы. Новые машины с успехом используются при возведении искусственных оснований аэродромных покрытий, собственно покрытий аэродромных сооружений и дорог. Они на деле показали свою высокую эффективность и востребованность. Если ранее происходила замена рельсовой техники на высокопроизводительную технику типа "Автогрейд", то в настоящее время машины "Автогрейд" сменяют еще более высокопроизводительные машины всемирно известных фирм Gomaco (США) и Wirtgen (Германия). Вместе с тем машины типа "Автогрейд" широко используются и в настоящее время. На основе американского комплекта дорожно-строительных машин "Автогрейд" были созданы и внедрены в строительное производство отечественные комплекты ДС-100 и ДС-110. Благодаря применению эти комплектов при строительстве дорог и аэродромов отечественными специалистами был накоплен опыт их использования в различных природных условиях, позволивший успешно осваивать новейшую строительную технику. Поэтому, в дальнейшем, в данной книге

мы будем опираться на этот опыт и на основе накопленной информации обращаться к новейшей технике, появляющейся на наших строительных объектах.

#### **4.1. Высокпроизводительная бетоноукладочная машина "Автогрейд" для строительства автодорожных и аэродромных цементобетонных покрытий**

Прототипом всех современных отечественных и зарубежных бетоноукладочных машин является бетоноукладчик SF-425 "Автогрейд", схема которого изображена на рис 4.1.

Рис.4.1. Схема бетоноукладчика SF-425:

1 – водяной бак; 2 – главная силовая установка; 3 – масляный бак гидросистемы; 4 – топливный бак; 5 – вспомогательная силовая установка; 6 – рама; 7 – гусеница; 8 – шнек; 9 – пульт управления; 10 – пульт управления водораспределительной системы; 11 – кожух гусеницы; 12 – механический индикатор уровня

Бетоноукладчик SF-425 предназначен для распределения, укладки в дело и уплотнения бетонной смеси. В основе работы машины лежит принцип семиступенчатой обработки цементобетонной смеси.

Бетоноукладочное оборудование машины состоит из семи рабочих органов, расположенных на передней, средней и задних рамах (рис. 4.2).

Шнек состоит из двух частей трубы (1) и лопастей (2). Он предназначен для перемешивания и распределения цементобетонной смеси на месте его укладки. Его лопасти – сварные. Он состоит из двух половин. Лопасти на каждой из них направлены в противоположные стороны. Толщина бетонного слоя, равномерно распределяемая шнеком на полосе укладки, регулируется первичным дозирующим брусом (3) с учетом его уплотнения. Положение этого бруса регулируется гидравлическим приводом, установленным на передней части рамы бетоноукладчика. За первичным дозирующим брусом (3)

Рис. 4.2. Рабочие органы бетоноукладчика SF-425:

*a* – передняя рама; *б* – средняя рама; *в* – задняя рама; 1 – труба шнека; 2 – лопасти шнека; 3 – первичный дозирующий брус; 4 – амортизирующая подвеска; 5 – глубинный вибратор; 6 – поперечная траверса; 7 – вторичный дозирующий калибрующий брус; 8 – электромагнитный вибратор; 9 – первичный качающийся экструзионный брус; 10 – шатун; 11 – кронштейн крепления шатуна к брусу; 12 – вторичный качающийся экструзионный брус; 13 – разравнивающая плита кромкообразователя; 14 – рамка; 15 – опорная плита; 16 – регулировочная рукоятка; 17 – регулировочная опорная рама; 18 – тяга выглаживающей плиты; 19 – выглаживающая плита; 20 – цепь, соединяющая выглаживающую плиту со штоком цилиндра

установлены глубинные вибраторы (5), подвешенные на амортизаторах (4), связанных с поперечной траверсой (6). Для окончательного формирования толщины бетонного покрытия за поперечной траверсой (6) установлен вторичный калибрующий брус (7), положение которого регулируется гидроцилиндрами. На нем установлены четыре электромагнитных вибратора. Первичный (9) и вторичный (12) качающиеся экструзионные брусья выполнены в виде массивных балок коробчатого сечения. Они предназначены для первоначального формирования профиля плиты. Качание этих брусьев происходит в противофазе (до 85 качаний в 1 мин.). Брусья прикреплены к шатунам (10) кронштейнами (11). Важным рабочим органом бетоноукладчика со скользящими формами является кромкообразователь (13), служащий для образования и отделки кромки бетонного покрытия, срезания излишков бетонной смеси на кромках. Кромкообразователь расположен за каждой боковой скользящей формой. Он связан с рамой (14), опорной плитой (15), регулировочной опорной рамой (17), регулирующей рукояткой (16).

Для окончательной отделки поверхности цементобетонного покрытия служит выглаживающая плита (19) с гладкой нижней поверхностью и слегка выгнутой выглаживающей кромкой и тягой (18). Для соединения выглаживающей плиты (19) с гидроприводом служит цепь (20).

Положение рабочих органов бетоноукладчика в процессе их установки, наладки и работы контролируется индикаторами уровня, расположенными на первичном и вторичном разравнивающих брусках и обоих вибробрусках.

Бетоноукладчик SF-425 имеет следующие технические характеристики:

Мощность двигателя, л.с.	425
Масса бетоноукладчика, т	34,02
Габаритные размеры в рабочем состоянии, м:	
ширина	8,69
длина	9,65
Скорости, м/мин:	
транспортная	до 72
рабочая	2
Гусеничные тележки:	
количество, шт	4
ширина, см	70
длина, см	251
Максимальная база тележек, м	9,45

При укладке цементобетонной смеси необходим непрерывный контроль за функционированием рабочих органов машины. В случае необходимости оператор обеспечивает их дистанционное регулирование с пульта управления. Индикаторы уровня, видимые с любой точки платформы главной рамы, позволяют оператору оценить относительное положение режущих, уплотняющих и профилирующих органов. В процессе укладки цементобетона оператор имеет возможность контролировать по приборам ширину, толщину и качество покрытия.

Бетоноукладчик SF-425 располагает оборудованием для раскладки и вдавливания арматурных стержней в продольный шов покрытия. При движении бетоноукладчика стержень выходит из паза вдавливающей штанги. После его установки на место штанга отводится в исходное положение для приема очередного стержня. Механизм обслуживается одним рабочим, укладывающим стержни в пазы вдавливающих штанг.

Вертикальная кромка покрытия формируется при помощи боковых скользящих форм, открывками вибробрусьев, кромкообразователем и отделяющим брусом. При этом боковые скользящие формы первоначально создают вертикальную кромку по всей толщине формируемой плиты. Открывки вибробрусьев обеспечивают потребный излишек цементобетонной смеси у кромок покрытия, нужный для предотвращения осадки кромок.

Кромкообразователь срезает излишки цементобетонной смеси и формирует окончательную вертикальную, гладкую, устойчивую кромку покрытия. Отделяющий брус выглаживает краевые участки плиты (у кромок) под заданную отметку.

Для обслуживания бетоноукладчика SF-425 во время его работы формируется звено в составе: оператор бетоноукладчика 6-го разр. – 1; помощник оператора 5-го разр. – 1; дорожные рабочие 4-го разр. – 3; 3-го разр. – 2;

2-го разр. – 3; подсобные рабочие 2-го разр. – 2; строительный слесарь 4-го разр. – 1.

#### **4.2. Общие сведения об устройстве искусственных оснований жестких аэродромных покрытий с использованием машинных технологий**

Искусственные основания аэродромных покрытий допускается устраивать только на уплотненных, непереувлажненных и хорошо спланированных грунтовых основаниях, соответствующих I и II типу гидрогеологических условий.

Жесткие цементобетонные монолитные аэродромные покрытия на естественных грунтовых основаниях устраивают лишь в тех случаях, когда они сложены хорошо дренирующими крупнообломочными осадочными горными породами с коэффициентом размягчения не менее 0,75 изверженного (магматического) или метаморфического происхождения с маркой прочности не менее 80 МПа. Во всех остальных случаях для жестких аэродромных покрытий следует устраивать искусственные основания.

При I и II типе гидрогеологических условий во II-IV ДКЗ и в районах со значительным выпадением атмосферных осадков, а также в тех случаях, когда естественными основаниями аэродромных покрытий являются глинистые грунты, пылеватые и мелкие пески наиболее предпочтительными материалами для искусственных оснований жестких цементобетонных монолитных аэродромных покрытий под тяжелые самолетные нагрузки (в/к, I, II и III категории) являются щебеночные смеси или однородный щебень, щебень из гравия из прочных и неразмозаемых горных пород марки по прочности на сжатие не менее 80 МПа, укрепленные органическими или неорганическими вяжущими в установках, а также основания из пористого (беспещаного) бетона.

В районах с незначительным выпадением атмосферных осадков, с благоприятными инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями искусственные основания жестких аэродромных покрытий под тяжелые самолетные нагрузки можно устраивать из монолитного тяжелого или мелкозернистого цементобетона, легкого бетона, тощего бетона, пескоцемента, а также других местных материалов, обработанных вяжущими в установках. При устройстве искусственных оснований на глинистых грунтах в составе искусственного основания вместе с другими конструктивными слоями целесообразно предусматривать дренажные слои из смесей открытого типа, обработанных вяжущим, с размерами гранулометрических элементов от 15 до 60 мм (0,5-2") [20].

Искусственные основания из щебня, гравия, щебня из гравия, песчано-гравийной (щебеночной) смеси без их обработки вяжущим могут применяться только при благоприятных гидрогеологических условиях (I тип местности по условиям увлажнения).

Искусственные основания из песков крупных и средней крупности допускается устраивать на аэродромах при III-VI категории нормативной

нагрузки с небольшой интенсивностью движения при благоприятных природных условиях, исключающих переувлажнение основания. Использование песков крупных и средней крупности в качестве дренирующих слоев аэродромных покрытий не рекомендуется из-за низкого коэффициента фильтрации этих материалов.

При строительстве аэродромных покрытий на пучинистых грунтах и вечной мерзлоте в качестве термоизоляционных слоев искусственных оснований можно использовать керамзитобетон, шлакобетон, а также щебень, гравий, песчано-гравийные (щебеночные) смеси. С целью уменьшения толщины термоизоляционных слоев искусственных оснований можно использовать высокоэффективную теплоизоляцию, укладка которой в основание позволяет в 1,2-2 раза уменьшить глубину промерзания грунтов. В качестве высокоэффективной теплоизоляции применяют пенопласты закрытоячеистой структуры из полистирола, полиуретана, поливинилхлорида. В этих пенопластах газовая фаза составляет не менее 80 % по объему. Для них характерен чрезвычайно малый коэффициент теплопроводности – в пределах 0,025-0,05 Вт/м, °С. Из большого многообразия выпускаемых отечественной промышленностью пенопластов наиболее приемлемым для широкого применения в строительстве с простой технологией его изготовления и относительно невысокой стоимостью является пенополистирол марки ПСБ с объемной массой не менее 30 кг/м<sup>3</sup> [10].

В связи с большими объемами работ при устройстве искусственных оснований в большинстве случаев широко используются средства механизации: бульдозеры, автогрейдеры, профилировщики оснований, катки и другая техника. В настоящее время существующие комплекты дорожно-строительных машин широко используются и при строительстве аэродромных сооружений. Наиболее известными в отечественном аэродромостроении являются комплекты "Автогрейд" и отечественные аналоги (типа "Автогрейд") ДС-100 и ДС-110. В последнее время все большее применение находят усовершенствованные профилировщики-распределители, входящие в комплект дорожно-строительных машин Gomaco и Wirtgen. Эти машины более производительны, чем аналогичные машины из комплектов "Автогрейд", ДС-100 и ДС-110, хотя принципы их работы можно считать одинаковыми, за некоторыми исключениями, связанными с существенным их усовершенствованием по сравнению с комплектом машин типа "Автогрейд".

При строительстве искусственных оснований цементобетонных аэродромных покрытий может быть задействован весь комплект строительных машин, если основания устраиваются из цементобетона или же часть этого комплекта, когда основания устраиваются из каменных крупнообломочных материалов, укрепляемых или неукрепляемых вяжущими. Выбор тех или иных типов машин зависит от технологических процессов, выполняемых на той или иной стадии строительства.

Как уже отмечалось выше, наиболее целесообразно использовать комплекты высокопроизводительных машин или отдельные машины из этих комплектов для строительства аэродромных покрытий, такие как комплекты

"Автогрейд" или типа "Автогрейд" и комплекты дорожно-строительных машин нового поколения Gomaco или Wirtgen. При отсутствии таких комплектов машин при устройстве оснований аэродромных покрытий можно использовать самоходные щебнеукладчики на гусеничном ходу старого поколения типа Д-337 или же комплекты машин, включающие в себя бульдозер, автогрейдер, самоходные катки, автомобили-самосвалы для подвоза каменных материалов необработанных или обработанных вяжущими в установках [4], [8].

При использовании комплекта машин "Автогрейд" или типа "Автогрейд" и высокопроизводительных машин нового поколения со скользящими формами основание следует устраивать из укрепленных вяжущими грунтами и каменных материалов шириной 9,6 м (на 2,1 м больше ширины укладываемой полосы цементобетонного покрытия), чтобы обеспечить проход гусениц машин по ровному и плотному основанию. Толщина искусственных оснований для аэродромных покрытий определяется проектом, но в любом случае она должна быть достаточной для движения автомобилей-самосвалов и автобетоносмесителей. Так, для автомобилей грузоподъемностью до 7 т она должна быть не менее 15 см, от 7 до 12 т – 17 см. Устройство оснований из неукрепленных каменных материалов допускается, как исключение, при обязательном устройстве выравнивающего слоя толщиной не менее 5 см из черного песка.

При использовании комплекта высокопроизводительных машин основание и его дополнительные слои (морозозащитный, дренирующий) следует укладывать с помощью профилировщика или распределителя бетонной смеси, оборудованных навесным уплотняющим вибробрусом. В случае уплотнения этих слоев катками после окончания их работы требуется чистовая планировка поверхности уложенных и уплотненных материалов планировщиком оснований.

Перед использованием высокопроизводительных машин, работающих по копирной технологии, необходимо установить копирные струны, являющиеся указателями уровня и направления движения машин на автоматическом режиме. Они также являются исходными базисами для установки и регулирования рабочих органов машин перед началом их работы, поэтому точность и аккуратность выполнения всех операций при установке копирных струн является важнейшим условием высокого качества конечной строительной продукции (см. 6.2).

После проверки правильности установки копирных струн приступают к подготовке профилировщика оснований к работе, для чего его устанавливают в рабочее положение, строго ориентируя его относительно оси полосы укладки материала искусственного основания, проверяют точность показания механических индикаторов и ровность ножей заднего отвала; главную раму машины выравнивают относительно плоскости покрытия; копиры датчиков уровня и поворота вводят в контакт со струнами. Отметим, что работа профилировщика оснований может производиться от одной струны.

На рис. 4.3 изображена схема профилировщика основания TS-425 из комплекта "Автогрейд", явившегося прототипом профилировщика оснований ДС-97 комплекта высокопроизводительных машин ДС-100.

Рис. 4.3. Схема профилировщика TS-425 [9]:

1 – гидроцилиндр подъема ноги; 2 – натяжное колесо гусеницы; 3 – укосина; 4 – датчик уровня с копиром; 5 – нога рамы; 6 – дверца фрезы; 7 – фреза; 8 – узел привода фрезы; 9 – передний отвал; 10 – заслонка; 11 – погрузочный цилиндр; 12 – шнек; 13 – узел привода шнека; 14 – задний отвал; 15 – гидроцилиндр заслонки; 16 – уширитель отвала; 17 – гидроцилиндр отвала; 18 – датчик направления с копиром; 19 – регулировочная рукоятка датчика уровня; 20 – кожух привода гусеницы; 21 – пружина для подъема ноги; 22 – регулировочный винт фрезы; 23 – стопорный винт заднего отвала; 24 – механический индикатор уровня; 25 – решетка платформы; 26 – топливный бак; 27 – бак рабочей жидкости; 28 – силовая установка; 29 – гидроцилиндр механизма поворота; 30 – пульт управления; 31 – тяга механизма поворота; 32 – стойка ноги; 33 – гидромотор привода гусеницы; 34 – вилка стойки



Профилировщик ДС-97 имеет следующие технические и технологические параметры:

Ширина обрабатываемой полосы	8,53-10 м
Профиль обрабатываемой полосы	одно- и двухслойный
Рабочие органы	фреза, отвал фрезы, отвал шнека, вибробрус
Обрабатываемый материал	песок, грунт, щебень, укрепленные материалы
Толщина уплотняемого материала	300 мм
Толщина срезанного материала за один проход	100 мм
Мощность двигателя	425 л.с
Скорости передвижения:	
транспортная вперед	0-72 м/мин
транспортная назад	0-72 м/мин
рабочая	0-18 м/мин
Масса машины	32659 кг
Автоматическая система	задание вертикальных отметок рабочих органов и курса машины

Рабочие органы профилировщика, подвешенные к его несущей главной раме, выполняют следующие операции: фреза со стальными режущими зубьями и лопастями – рыхлит и перемешивает грунт. а также распределяет его или материалы искусственного основания; передний отвал с ножом выравнивает и срезает грунт или излишки материала искусственного основания и предварительно разравнивает их; шнек равномерно распределяет грунт или материал искусственного основания; задний отвал – окончательно планирует грунт или материал искусственного основания и удаляет их излишки.

На уплотнении и профилировании основания профилировщика может работать с навесным конвейером-перегрузателем ДС-98 и катками на пневматических шинах типа Д-627 (рис. 4.2).

Профилировщик оснований с навесным уплотняющим вибробрусом способен уплотнять основание толщиной до 30 см.

#### **4.3. Комплект высокопроизводительных машин со скользящими формами ДС-100 (ДС-110) типа "Автогрейд"**

При строительстве аэродромных сооружений с монолитным цементобетонным жестким покрытием целесообразно применять комплекты машин со скользящими формами, которые пришли на смену широко применявшимся комплектам машин на рельсовом ходу, когда в качестве опалубки цементобетонных монолитных аэродромных покрытий использовались рельсформы. Из-за значительной трудоемкости установки рельсформ производительность этих комплектов машин была низкой, что не устраивало строителей автомобильных дорог и аэродромов. К машинам, пришедшим на смену комплектам на рельсовом ходу, относится американский комплект "Автогрейд" и отечественные комплекты машин ДС-100 и ДС-110 типа "Авто-

грейд". Эти комплекты показали свою эффективность при строительстве цементобетонных покрытий аэродромных сооружений в 70-80 гг. Благодаря применению этих комплектов машин удалось полностью механизировать и автоматизировать основные технологические процессы по подготовке грунтового основания, устройстве и отделке искусственных оснований аэродромных покрытий, укладке цементобетона собственно покрытия и окончательной обработке их поверхности. Производительность комплекта машин "Автогрейд", ДС-100 и ДС-110 составляет до 1000 м готового цементобетонного монолитного дорожного покрытия в смену, в то время как производительность рельсового комплекта машин составляло всего лишь 250 м/смену.

В состав отечественных комплектов высокопроизводительных машин ДС-100 (ДС-110) типа "Автогрейд" входят:

- конвейер-перегрузатель (навесной к профилировщику (ДС-98А), распределитель бетона ДС-99 (ДС-109), бетоноукладчик ДС-101 (ДС-111) со скользящей опалубкой, тележка арматурная для перевязки арматурной сетки) ДС-103 (ДС-103А), погружатель арматуры ДС-102 (ДС-102А), финишер трубчатый ДС-104 (ДС-104А), машина для нанесения пленкообразующих материалов ДС-105 (ДС-105А);
- вспомогательные машины – трейлер ДС-107, нарезчик поперечных швов ДС-67, машина ДНШС-60М для нарезки контрольных швов.

Профилировщики оснований ДС-97 (ДС-108) предназначены для профилирования грунтового основания и устройства искусственных оснований из грунтов, укрепленных вяжущими материалами и их отделки. Они могут укомплектовываться навесными конвейерами-перегрузателями, используемыми для уборки излишков материалов или погрузки их в транспортные средства. Рабочими органами профилировщиков оснований являются: шнек, фреза-шнек, отвал шнека, отвал фрезы-шнека. Схема работы профилировщика оснований показана на рис. 4.4. При уплотнении и профилировании искусственного основания из грунта, укрепленного вяжущим, профилировщик оснований ДС-97, двигаясь вслед за катками на пневматических шинах Д-627, уплотняющими смесь, профилирует поверхность искусственного основания. Снимаемый, при этом, избыток смеси грузится конвейером-перегрузателем ДС-98 на автомобиль-самосвал, который транспортирует его в указанное место (рис. 4.5).

Распределитель бетона ДС-99 (ДС-109) применяются для приема из бетоновоза или автомобиля-самосвала бетонной смеси сбоку и распределения её по ширине предварительно подготовленного основания. Доставленная смесь сгружается в бункер и распределяется широким поперечным транспортером, выдвигающимся в положение выгрузки за 5 с. В течение 20 с транспортер может принять и распределить  $6,1 \text{ м}^3$  смеси. Рабочими органами распределителей является фреза-шнек и отвал фрезы-шнека (рис. 4.6).

Рис. 4.4. Схема работы профилировщика оснований ДС-97 [25]:  
1 - профилировщик оснований; 2 – навесной конвейер-перегрузатель ДС-98; 3 – автомобиль-самосвал на разгрузке смеси; 4 – профилировщик на распределении смеси; 5 – автомобиль-самосвал на приеме избытка смеси

Рис. 4.5. Схема уплотнения и профилирования искусственного основания из укрепленного грунта [25]:

1 – катки на пневматических шинах; 2 – профилировщик оснований ДС-97;  
3 – конвейер-перегрузатель ДС-98; 4 – автомобиль-самосвал

Предварительное распределение бетона на месте его укладки повышает качество его проработки и укладки бетоноукладчиком ДС-101.

Рис. 4.6. Схема распределения бетона при подаче его сбоку и укладка арматурной сетки [25]:

1 – распределитель бетона ДС-99; 2 – арматурная тележка ДС-103;  
3 – погружатель арматуры ДС-102; 4 – бетоноукладчик ДС-101

Бетоноукладчик ДС-101 на гусеничном ходу располагает семью рабочими органами: шнеком для распределения рабочей смеси в одну или сразу в две стороны; первичным регулирующим брусом; пакетом глубинных вибраторов; вибробрусом; качающимися брусками; кромкообразовательным и выглаживающим брусом. Формирование монолитного цементобетонного искусственного основания или покрытия происходит в скользящих формах, расположенных по бокам машины.

Общий вид бетоноукладчика ДС-101 представлен на рис. 4.7.

Трубчатые финишеры ДС-104 (ДС-104А) используются для окончательной отделки поверхности цементобетонных покрытий, заключающейся в выглаживании их поверхности и образования на ней бороздок, придающих поверхности шероховатость. Эти самоходные машины на пневматическом

ходу перемещаются челночным способом, совершая проходы вперед и назад, обеспечивая движение по поверхности покрытия двух выглаживающих диагональных тонкостенных труб. После выглаживания 95 % площади поверхности уложенного цементобетонного покрытия достигают отличной

Рис. 4.7. Общий вид бетоноукладчика ДС-101:

1 – гусеничные тележки; 2 – копир поперечного выдерживания курса; 3 – рама машины; 4 – разравнивающий шнек; 5 – пульт управления; 6 – гидроцилиндр системы поворота машины; 7 – силовая установка; 8 – топливный бак; 9 – гидроцилиндр подъема и опускания рамы; 10 – выглаживающий брус; 11 – кромкообразователь; 12 – скользящие формы; 13 – гидромотор привода шнека; 14 – копир продольного выдерживания курса

ровности, при которой просветы под трехметровой рейкой не превышают 3 мм. Только несколько процентов площади могут иметь просвет до 5 мм. Схема процесса выглаживания поверхности цементобетонного покрытия бетоноотделочной машиной ДС-104 представлена на рис. 4.8.

Машина для нанесения пленкообразующих материалов ДС-105 (ДС-105А) предназначена для ухода за свежеложенным цементобетоном путем нанесения влагозащитной пленки на три (горизонтальную и две боковые) поверхности покрытия. Одновременно эта машина может наносить поперечные и продольные бороздки для придания поверхности цементобетона шероховатости. Машина имеет бак с мешалкой, насос для перекачки жидкостей и распылительное устройство в виде поперечной трубки с двенадцатью разбрызгивающими соплами.

Непосредственно после укладки и отделки бетона можно производить нарезку поперечных швов, которая, однако, может быть выделена в самостоятельную технологическую операцию. Схема нанесения пленкообразующих материалов и нарезки поперечных швов представлена на рис. 4.9.

Рис. 4.8. Схема процесса выглаживания поверхности цементобетонного покрытия машиной ДС-104 [25]

Базой профилирования основания, распределителя бетона и бетоноукладчика, входящих в комплект ДС-100 (ДС-110), является унифицированное самоходное четырехопорное гусеничное шасси. На этом шасси монтируются силовая установка, механизмы управления и рабочие органы машины. Привод хода и рабочих органов – гидравлический, реверсивный с бесступенчатым регулированием скоростей.

Рис. 4.9. Нанесение пленкообразующих материалов на поверхность цементобетонного покрытия и нарезка поперечных швов [25]:  
1 – машина для нанесения пленкообразующих материалов ДС-105;  
2 – нарезчик поперечных швов

Трубчатый финишер и машина для нанесения пленкообразующих материалов – самоходные на пневматическом ходу.

Машины оснащены автоматическими следящими системами поддержания заданного направления движения, продольного и поперечного уклонов, которые задаются натянутой копирной струной, обеспечивающей также ровность конструктивных слоев аэродромного покрытия.

Недостатком комплектов типа "Автогрейд" является то, что они не обеспечивают автоматизированной закладки стержней в поперечные швы сжатия из-за чего их приходится устанавливать вручную.

#### **4.4. Комплект машин со скользящими формами Gomaco**

С 90-х годов в практику строительства автомобильных дорог и аэродромов в США и Германии были внедрены комплекты машин нового поколения, отличающиеся от комплектов машин типа "Автогрейд" более высокой производительностью и удобством обслуживания.

Одним из мировых лидеров производства машин для строительства автомобильных дорог и аэродромов является корпорация Gomaco (США). Машины нового поколения, выпускаемые этой корпорацией, оборудованы новейшей техникой, позволяющей осуществлять: изменение ширины укладки покрытия на ходу, автоматизированную раскладку арматурных стержней в поперечных и продольных швах сжатия (система IDBI), автоматизированное управление в трехмерной системе координат на основе лазерно-радиографической технологии Leica вместо копирных струн.

В состав комплекта машин Gomaco для устройства цементобетонных монолитных автодорожных и аэродромных покрытий входят:

- профилировщик оснований T-9000 или T-9500, предназначенный для выполнения операций по профилированию поверхности грунтового основания. Ширина профилирования за один проход – 5,69 м. Глубина профилирования может изменяться. Точность планировки (профилирования) составляет  $\pm 3$  мм на 5,69 м. Профилировщик Trimmer 9500 может переоборудоваться (путем замены фрезерного органа на специальный бункер и некоторого изменения конвейерной системы) в высокопроизводительный перегружатель.
- распределитель-перегружатель бетонной смеси PS-2600 (используется в комплекте с GP-2600 либо GPH-2800) и PS-4000 (используется в комплекте с GP-4000) имеют ширину распределения соответствующую ширине укладки бетона бетоноукладчиком. Распределители бетонной смеси распределяют её перед бетоноукладчиком, готовя для него фронт работы и позволяя бетоноукладчику безостановочно производить укладку бетонной смеси. Это способствует повышению качества уложенного покрытия и производительности работы бетоноукладчика. Для этой же цели можно использовать переоборудованный Trimmer 9500. Распределители можно использовать и для устройства искусственных оснований из щебня, гравия, песчано-гравийной смеси в результате замены распределительного шнека на специальный бункер Rock Norper. Корпорация Gomaco выпускает также перегружатель RTR-500

на резиновых гусеницах, который может передвигаться по готовым покрытиям без риска их повреждения. Бетонная смесь может подаваться к распределителям-перегрузителям автосамосвалами или автобетоносмесителями, а щебень, гравий и другие сыпучие материалы – автосамосвалами;

- бетоноукладчики Gomaco GP-2600, GPH-2800, GP-4000 – это высокопроизводительные гусеничные самоходные машины со скользящими формами, предназначенные для укладки цементобетонных покрытий на подготовленные искусственные или грунтовые основания автомобильных дорог и аэродромных сооружений. Машины снабжены полным комплектом гидравлических высокочастотных вибраторов с индивидуальным регулированием частоты вибрации, распределительным разъемным шнеком для распределения бетонной смеси на полосе её укладки. Бетоноукладчики также оборудованы выглаживающим рабочим органом Auto-Float, предназначенным для автоматического уплотнения поверхности цементобетона во время укладки бетонной смеси в собственно покрытие. Бетоноукладчики корпорации Gomaco могут выполняться как в 2-гусеничном, так и в 4-гусеничном вариантах (рис. 4.10). Они способны укладывать цементобетон полосами шириной 7,5-9,75 м (GP-2600 и GPH-2800) и 15,24 м (GP-4000) (рис.4.11) при толщине укладываемого слоя до 483 мм. Запатентованная корпорацией Gomaco форма для двухслойного дорожного покрытия обеспечивает его укладку с использованием "конструкции с одной формой". Эта система исключает использование дополнительного оборудования для данной работы и необходимости увеличения длины бетоноукладчика между передней и задней опорами для укладки второго слоя. В аэропорту Атланта Хартсфилд (штат Джорджия) бетоноукладчик GP-4000 укладывал дорожное двухслойное покрытие толщиной 610 мм;

Рис. 4.10. Общий вид двух- и четырехгусеничного бетоноукладчика Gomaco GP-2600 (ширина укладки цементобетона 3,66 м)

- текстурировщики Gomaco TC-400 и TC-600 являются неотъемлемой частью комплекта машин по устройству цементобетонных аэродромных и автодорожных покрытий. Они используются для нанесения шероховатости на поверхность цементобетонного покрытия, а также распыления пленкообра-



зующих составов, обеспечивающих нормальное твердение цементобетона и его защиту от атмосферных осадков;

- GSJ (Smoothness Indicator) – прибор контроля ровности готовой поверхности цементобетонного покрытия предназначен для бесконтактного контроля качества покрытия сразу после его укладки. В случае обнаружения дефектов проводится немедленное их устранение.

Рис. 4.11. Бетоноукладчик Gomaso GP-4000 в работе  
(ширина укладки цементобетона до 15,24 мм)

Помимо обеспечения высокого качества аэродромных и автодорожных цементобетонных покрытий машины Gomaso удобны в транспортировке и эксплуатации. Они отвечают современным требованиям экономичности: имеют низкий уровень выброса загрязняющих веществ, соответствуют действующим стандартам по уровню шума.

Комплекты машин корпорации Gomaso показали высокую производительность и эффективность эксплуатации при осуществлении ряда проектов строительства автомобильных дорог и аэродромных сооружений как по копирной, так и бескопирной технологии в США, России, Чехии, Китае, Таиланде и др..

К новейшим и наиболее совершенным бетоноукладочным машинам Gomaso. используемым при строительстве автомобильных дорог и аэродромов относятся бетоноукладчики GPH-2800, выпускаемые в двух- и четырехгусеничном исполнении. Эти машины эффективно используются при строительстве взлетно-посадочных полос, магистральных автомобильных дорог и дорог местного значения, автострад, городских улиц, эстакад и подземных путей, мест стоянки самолетов, пассажирских перронов аэропортов, стоянок автомобилей.

Двухгусеничной бетоноукладчик GPH-2800 и бетоноперегрузатель 9500 (рис. 4.12 и 4.13) обеспечили высокую производительность работ и превосходное качество отделки аэродромных покрытий пассажирского перрона аэропорта в Южной Каролине (США).

Рис. 4.12. Бетонирование перрона в аэропорту Южной Каролины бетоноукладчиком GPH-2800 с рабочим органом Auto-Float

Аэродромное покрытие бетонировалось полосами шириной 7,62 м и толщиной 305 мм. Для придания идеальной ровности покрытию использовался выглаживающий рабочий орган Auto-Float корпорации Gomaco.

При бетонировании аэродромного покрытия пассажирского перрона бетонная смесь на место укладки подавалась бетоноперегрузателем 9500.

Рис. 4.13. Бетоноперегрузатель 9500 в работе

Бетоноукладчик GPH-2800 обеспечил высокопроизводительную укладку бетонной смеси при строительстве взлетно-посадочных полос длиной 3048 м в аэропорту Детройта, штат Мичиган (США). ВПП шириной 45,7 м состояла из шести уложенных GPH-2800 бетонных полос шириной до 7,62 м, связанных между собой боковыми арматурными штырями (рис. 4.14)

Рис. 4.14. Бетоноукладчик GPH-2800 на строительстве  
ВПП в аэропорту Детройт

При строительстве аэродрома в Манчестере (Англия) для распределения малоподвижной бетонной смеси в передней части бетоноукладчика GPH-2800 был установлен плужковый распределитель, позволивший существенно ускорить укладку цементобетона для последующего формирования покрытия (рис. 4.15).

Рис. 4.15. Работа бетоноукладчика GPH-2800 с плужковым распределителем малоподвижного цементобетона на строительстве аэродрома в Манчестере

Бетоноукладчик Gomaco GT-3400 (рис. 4.16) с дистанционным управлением предназначен для устройства бордюров и водосточных желобов, парапетов, тротуаров, пешеходных дорожек, укладки плоских плит шириной 1,83 м, причем работа может производиться по малому радиусу.

Рис. 4.16. Общий вид бетоноукладочной машины Gomaco GT-3400

Машина может быть использована при устройстве водоотводных и нагорных канав на аэродромах, бордюров при строительстве внутрипортовых дорог и вокзальных площадей. Легкий и прочный пульт дистанционного управления обеспечивает оператору полную свободу передвижения в зоне действия машины и все необходимые рабочие функции, включая регулировку вибраторов и аварийное выключение. Машина позволяет подавать бетонную смесь с правой и левой стороны. Она может укладывать цементобетон как в режиме с копирной струной, так и без неё. Машина снабжена мощным профилировщиком конструкций, а новая система захвата и перемещение форм позволяет быстро и легко менять формы. Машина автоматически выдерживает заданный курс при укладке полосы с минимальным радиусом. Скользящая форма обеспечивает качественную укладку цементобетонной смеси (рис. 4.17, 4.18).

Новейшей бетоноукладочной машиной корпорации Gomaco является многоцелевой бетоноукладчик со скользящими формами Commander III (рис. 4.19). Эта машина занимает лидирующие позиции среди многоцелевых бетоноукладчиков, способных выполнять работы по устройству монолитных бордюров, водосточных желобов и лотков, тротуаров, пешеходных дорожек, ограждений, параметров или цементобетонных покрытий шириной до 6 м,

Рис 4.17. Укладка водоотводного лотка

а также ирригационных каналов. Машина оборудована секционным фрезерным рабочим органом шириной 1067 мм для профилирования основания с возможностью увеличения ширины до 3048 мм. Рабочий орган можно смещать в сторону на 914 мм, регулировать высоту установки в пределах 457 мм. Поворотный перегрузочный конвейер бетоноукладчика Commander III (рис 4.20) позволяет обеспечить высокую производи-

Рис. 4.18. Бетонирование тротуара шириной 1,52 м

тельность подачи бетонной смеси. Ленточный конвейер длиной 5,210 м с шириной ленты 610 мм оснащен приемным бункером. Конвейер монтируется

Рис. 4.19. Многоцелевой трехгусеничный бетоноукладчик Gomaco Commander III оборудован секционным фрезерным рабочим органом

с любой стороны машины. Микропроцессорная система G21 обеспечивает стабилизацию рамы машины в пространстве при автоматическом выдерживании заданных высотных отметок и курса в

случае использования бескопирной технологии; транспортная скорость бетоноукладчика Commander III составляет 30 м/мин, что обеспечивает мобильность машины на строительной площадке, а его рабочая скорость до 13 м/мин обеспечивает высокую производительность укладки цементобетонной смеси.

Рис. 4.20. Бетоноукладчик Commander III с поворотным перегрузочным конвейером

Машина Commander III выпускается с трехгусеничным шасси с возможностью перевода трехгусеничного бетоноукладчика на четырехгусеничный ход. Машина на четырехгусеничном ходу обеспе-

чивает устройство бетонных покрытий шириной свыше 6 м. Четырехгусеничный бетоноукладчик показал себя универсальной машиной (рис. 4.21), пригодной для строительства взлетно-посадочных полос и других аэродромных сооружений, основных и вспомогательных внутрипортовых дорог на служебно-технической территории аэропортов, автомагистралей, эстакад, мест парковки автомобилей, пешеходных дорожек, тротуаров и др. (рис. 4.22). Бетоноукладчик оснащен оборудованием для установки боковых арматурных штырей (рис. 4.23).

Цементобетон можно укладывать как с использованием копирной струны, так и без неё. Система управления G21 обеспечивает интерфейс с бескопирной технологией трехмерными системами управления. На рис. 4.22 показан четырехгусеничный бетоноукладчик Commander III с системой управления посредством копирных струн.

Рис. 4.21. Многоцелевой высокопроизводительный четырехгусеничный бетоноукладчик Commander III со скользящими формами

Для обеспечения надлежащей ровности поверхности свежеложенного слоя цементобетонного покрытия используется рабочий орган Gomaco Auto-Float (рис. 4.24), легко присоединяемый ко всем бетоноукладчикам со скользящими формами Gomaco. Скорость поперечного возвратно-поступательного движения каретки с выглаживающим рабочим органом можно бесступенчато регулировать в пределах от 0 до 19,81 м/мин. Подошва выглаживающего рабочего органа имеет ширину 216 мм и длину 3,66 м. Рабочий орган Auto-Float имеет силовой привод от гидросистемы бетоноукладчика. Рабочий орган совершает вибрационное колебание с частотой (Гц) –  $46 \text{ мин}^{-1}$  при одновременном возвратно-поступательном движении поперек бетонной полосы.

Рис. 4.22. Четырехгусеничный бетоноукладчик с копирной технологией управления на строительстве магистральной автодороги

Рис. 4.23. Бетоноукладчик Commander III, оборудованный механизмом боковой установки арматурных стержней

Рабочая скорость четырехгусеничного бетоноукладчика Commander III повышена с 10 до 22 м /мин.

Бетоноукладочная машина Commander III имеет систему рулевого управления всеми гусеницами, что повышает её маневренность, а следовательно, и экономию времени на выполнение работ, например, за счет сокращения времени на монтаж фрезерного рабочего органа или потребной скользящей формы. Экономится время и при погрузке машины в транспортные средства и при разгрузке. С помощью системы позиционирования всех гусениц можно легко обходить препятствия, возникающие на пути бетонирования.

Рис. 4.24. Разглаживающий рабочий орган Auto-Float смонтирован на машине Commander III

Трехгусеничная машина Commander III имеет следующие габаритные размеры: длина – 6,88 м без конвейера; высота – минимальная 2,62 м и максимальная 3,53; ширина в транспортном положении – 2,59 м. Четырехгусеничная машина имеет длину 6,5 м, максимальную и минимальную ширину соответственно 7,73 и 5,9 м, высоту – 2,92 м без скользящей формы и 3,23 м



со скользящей формой. Ее длина в транспортном положении: максимальная – 10,74 м; минимальная – 8,92 м. Ширина в транспортном положении – 2,51 м.

Масса машины в значительной степени зависит от типа скользящих форм и вида дополнительного оборудования. Она составляет для трехгусеничной машины от 12,7 до 14,88 т, четырехгусеничной – от 15,15 до 18,96 т.

Безопасность эксплуатации машин Commander III обеспечивается максимальной обзорностью рабочей зоны, высокопрочными ограждениями гусениц, предупредительными надписями и информацией по технике безопасности в инструкции по эксплуатации машины.

#### **4.4. Комплект машин со скользящими формами Wirtgen**

К новому поколению комплектов машин для строительства автомобильных дорог и аэродромных сооружений относятся высокопроизводительные машины на гусеничном ходу фирмы Wirtgen (Германия). В состав комплекта машин Wirtgen входят:

- Боковой загрузчик Wirtgen ISF (рис. 4.25), предназначенный для распределения цементобетонной смеси перед бетоноукладчиком по готовому искусственному основанию и, при необходимости, поверх арматурной сетки при устройстве армобетонных, железобетонных и непрерывно армированных аэродромных покрытий. Доставка цементобетонной смеси к боковому загрузчику производится автобетоносмесителями или автосамосвалами. Боковой загрузчик принимает доставленную цементобетонную смесь и распределяет её равномерным слоем по ширине (до 9 м) бетонизируемой полосы. Производительность машины – до 200 м<sup>3</sup>/ч. Работа бокового загрузчика обеспечивает непрерывную и качественную укладку цементобетонных покрытий бетоноукладчиком со скользящими формами.

Рис. 4. 25. Бетоноукладчик Wirtgen с боковым загрузчиком на укладке цементобетонного покрытия ВПП в аэропорту Борисполь

Боковой загрузчик ISF может быть использован и для распределения по ширине укладки материалов искусственного основания – цементогрунта, песчаного цементобетона, тощего бетона, шлако- и керамзитобетона, а также сыпучих материалов – щебня, гравия, песчано-гравийной смеси и, в том числе, обработанных органическими и неорганическими вяжущими;

- бетоноукладчики Wirtgen со скользящими формами – это гусеничные машины, предназначенные для непрерывной укладки цементобетонных армированных и неармированных покрытий автомобильных дорог и аэродромных сооружений (рис. 4.26). Толщина укладываемого слоя цементобетона, уклоны и профиль поверхности покрытия или искусственного основания, изменение направления движения бетоноукладочной машины контролируется в автоматическом режиме с помощью копирных струн.

Рис. 4.26. Высокопроизводительный бетоноукладчик Wirtgen со скользящими формами на укладке цементобетонного покрытия

При помощи дополнительного оборудования бетоноукладчик Wirtgen способен запрессовывать в укладываемую цементобетонную смесь арматурные стержни и выравнивать после этого поверхность покрытия. Из всех типов бетоноукладчиков, выпускаемой фирмой Wirtgen на укладке цементобетонной смеси при строительстве аэродромных сооружений могут быть использованы бетоноукладчики SP 850 с шириной полосы укладываемого це-

ментобетона 9 м; SP 850 Vario – 8,5 м; SP 1500 – 15,25 м; SP 1500L – 15,25 м; SP 1600 – 16 м. Максимальная толщина укладываемой цементобетонной смеси этими бетоноукладчиками составляет 450 мм.

В качестве примера можно привести эффективное использование бетоноукладчика Wirtgen SP 1600 на строительстве ВПП аэродрома аэропорта Борисполь (г. Киев) (рис. 4.27), где он был задействован на укладке искусственного основания из грунтоцемента и тощего бетона, а также одновременной укладке нижнего и верхнего слоев аэродромного покрытия методом сращивания из цементобетона разных классов по прочности (нижний слой толщиной 35 см – цементобетон класса В30, верхний слой – цементобетон класса В40). В поперечные швы сжатия бетоноукладчиком SP 1600 автоматически закладывались металлические стержни диаметром 25 мм с шагом 30 см.

ВПП рассчитана на эксплуатацию самолетов Ан 224 "Мрия" со взлетной массой 600 т.

Рис. 4.27. Бетоноукладчик Wirtgen1600 на строительстве ВПП в аэропорту Борисполь

Бетоноукладчик Wirtgen, как и другие высокопроизводительные бетоноукладочные машины, может быть с успехом использован и при бетонировании армо- и железобетонных покрытий автомобильных дорог и аэродромов (рис. 4.28).

Предприятия Wirtgen освоили выпуск многофункциональных бетоноукладчиков для бетонирования бордюров, парапетных стенок, ограждений, тротуаров, пешеходных дорожек. По своей производительности и техноло-

гичности эти машины практически не уступают своим аналогам. Примером может служить трехгусеничная бетоноукладочная машина Wirtgen SP 150. Машина оборудована поворотным бетонным загрузчиком (рис. 4.29) и сменными скользящими формами для бетонирования различных конструкций (рис. 4.30).

Рис. 4.28. Бетоноукладчик Wirtgen на строительстве железобетонного покрытия

- самоходная машина Wirtgen для обработки поверхности цементобетонного покрытия представляет собой щеточный финишер, используемый для создания шероховатости поверхности с целью повышения устойчивости на ней самолетов, совершающих взлетно-посадочные операции, благодаря увеличению коэффициента сцепления пневматиков колес с поверхностью ВПП. Эти машины представлены двумя моделями ТСМ 950 (для работы с бетоноукладчиками с шириной укладки полосы из цементобетона равной 9 м) и ТСМ 1800 для работы с бетоноукладчиками с шириной укладки до 18 м. Обе модели могут быть использованы для ухода за уложенным цементобетоном путем распыления пленкообразующих составов.

Оба комплекта машин для строительства автомобильных дорог и аэродромных сооружений нового поколения Gomaco и Wirtgen рассчитаны на полный охват всего строительного цикла – от устройства искусственного основания до обработки поверхности дорожного и аэродромного покрытия. Эти машины вполне обеспечивают механизацию и автоматизацию важнейших технологических процессов, что позволяет обеспечить: дальнейшее повышение производительности строительных работ; качества конечной строительной продукции; сокращение сроков строительства автомобильных дорог и аэродромных сооружений, а значит, и повышение эффективности транспортного строительства при существенном улучшении экологических показателей.

Высокопроизводительные бетоноукладочные комплекты "Автогрейд", ДС-100, ДС-110 и еще более совершенные Gomaco и Wirtgen при надлежащей организации работ способны укладывать за смену (в зависимости от

толщины и ширины полосы укладки) от 1000 до 2500 м в день, при надлежащих качестве и точности укладки.

Рис. 4.29. Многофункциональная высокопроизводительная трехгусеничная бетоноукладочная машина Wirtgen SP150

Использование автоматических систем контроля на бетоноукладчике SF-425 позволяет производить работы по устройству цементобетонного покрытия с точностью  $\pm 3$  мм.

Современные бетоноукладочные комплексы Gomaco и Wirtgen с еще более высокими показателями качества создаваемой ими строительной продукции обладают более высокими эксплуатационными характеристиками, многофункциональностью, маневренностью, экономичностью.

В то же время стоимость цементобетонных машин аэродромных покрытий существенно зависит от объема работ и использования того или иного типа бетоноукладочных машин. Как показывает мировая практика использование высокопроизводительных комплексов Gomaco и Wirtgen при бетонировании покрытий площадью до 10000 м<sup>2</sup> оказывается нерентабельным. В таких случаях целесообразнее применение малых бетоноукладочных комплексов, например, Speed Screed Metal Forms (рис. 4.31). В составе этого комплекта, способного укладывать аэродромные покрытия толщиной от 30 до 45 см, обычно используется мощная виброрейка Heavy-Duty с соответствующим комплектом опалубки. С помощью такой виброрейки можно укладывать покрытия шириной 7,5 м. Рейка собирается из отдельных блоков длиной 0,76, 1,5 или 3 м, что позволяет укладывать покрытия разной ширины.

Рис. 4.30. Бетоноукладчик Wirtgen SP150 с установленной стандартной скользящей формой

Уплотнение цементобетонной смеси производится двумя вибробалками квадратного сечения ( $7,5 \times 7,5$  см), отстоящими друг от друга на 45 см.

Рис. 4.31. Укладка цементобетона машиной Speed Screed с виброрейкой Heavy-Duty

Первая вибробалка (передняя) выполняет основное уплотнение бетонной смеси, а вторая (задняя) завершает его и производит отделку поверхности покрытия. Рабочая скорость движения Speed Screed регулируется в пределах от 0,5 до 1,5 м/мин. В качестве опалубки используются металлические элементы L-образного профиля, усиленного горизонтальными и вертикальными ребрами жесткости. Опалубка предназначена для формирования плиты потребных

размеров. Она может многократно использоваться. Сборка и перемещение опалубки не вызывает каких-либо трудностей. Окончательная отделка поверхности плиты производится со специального передвижного мостика с помощью гладилок и широких капроновых щеток для образования ориентированных ровных бороздок, обеспечивающих высокий коэффициент сцепления колес самолетов с покрытием. Уход за уложенным бетоном осуществляется путем нанесения пленкообразующей жидкости на поверхность свежешуложенного и отделанного аэродромного покрытия распылителем. Для защиты от дождя и ветра служит тентовое покрытие, исключающее увлажнение атмосферными осадками поверхности свежешуложенного бетонного покрытия. Накопленный опыт бетонирования аэродромных сооружений небольшой площади малыми бетоноукладочными комплектами в сочетании с собственным заводом по изготовлению товарного бетона показал не только техническую возможность, но и экономическую целесообразность строительства аэродромных покрытий, отвечающих требованиям международных стандартов качества [13].

## ГЛАВА 5. УСТРОЙСТВО ИСКУССТВЕННЫХ ОСНОВАНИЙ АЭРОДРОМНЫХ МОНОЛИТНЫХ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

### 5.1. Общие положения

Искусственные основания являются важной составной частью аэродромного покрытия. Они снижают давление от самолетной нагрузки на грунт естественного основания, выполняют (когда это требуется) функцию пластового дренажа аэродромного сооружения, служат теплоизолирующим или стабильным слоем аэродромного покрытия. Материалы, используемые для создания искусственных оснований аэродромных покрытий, как и собственно покрытия, должны обладать потребными прочностью, морозостойкостью, водопроницаемостью, теплопроводностью, устойчивостью по отношению к набуханию при увлажнении и морозному пучению, химической стойкостью, неразмокаемостью, стойкостью к истиранию. От перечисленных свойств материалов искусственных оснований будет зависеть их качество, а, следовательно, и прочность, устойчивость, работоспособность и долговечность аэродромных покрытий.

Действующие строительные нормы и правила [22] в качестве материалов для искусственных оснований жестких аэродромных покрытий рекомендуют применять: бетон тяжелый и мелкозернистый по ГОСТ 26663; бетон легкий по ГОСТ 25820; жесткие бетонные смеси по ТУ 218 РФ 620-90; материалы щебеночные, гравийные, песчаные, не обработанные по ГОСТ 25607 и обработанные неорганическими по ГОСТ 23558 и органическими вяжущими, щебень и гравий по ГОСТ 3344, ГОСТ 23845, песок по ГОСТ 8736, а также местные материалы-грунты, обработанные неорганическими и органическими вяжущими.

Для повышения прочности, устойчивости и долговечности современных аэродромных покрытий (в первую очередь на аэродромах высших классов с тяжелыми самолетными нагрузками) рекомендуется устраивать аэродромные покрытия из цементобетона (тяжелого, легкого, тощего, мелкозернистого) и каменных материалов, укрепленных неорганическими вяжущими. Применение щебня, укрепленного цементом, особенно целесообразно при необходимости создания дренажного слоя для отвода подземных и поверхностных вод. На аэродромах низших классов для укрепления каменных материалов можно использовать органические вяжущие: битумы, битумные эмульсии, гудрон, дегти, а также синтетические вяжущие – карбомидные, формальдегидные смолы и др. Для улучшения сцепления инертных материалов с неорганическими и органическими вяжущими используют поверхностно-активные вещества (ПАВ). Хорошие результаты укрепления каменных материалов и грунтов достигают при одновременном использовании органических и неорганических вяжущих материалов.



В результате укрепления каменных материалов и грунтов вяжущими материалами и последующего их уплотнения формируются материалы определенного гранулометрического состава (оптимальные смеси и грунты), имеющие требуемые показатели физико-механических свойств. Основное условие качественного укрепления каменных материалов и грунтов – необходимость равномерности внесения вяжущих материалов и добавок и последовательного выполнения предусмотренных технологических операций. Благодаря однородности приготовленной смеси достигается получение ею необходимой связности, прочности, морозостойкости, водопрочности.

Из всех существующих методов обработки каменных материалов и грунтов для аэродромного строительства наиболее предпочтительным является метод их смешения с вяжущими и добавками в смесительных агрегатах (установках). При этом методе достигаются наиболее полное и равномерное обволакивание материала вяжущим и однородность смеси.

Для обеспечения требуемого объема укрепленного каменного материала и грунта используют стационарные смесительные установки, способные обеспечить безостановочную работу высокопроизводительных укладчиков. Производительность таких установок должна быть достаточной, чтобы обеспечить скорость строительного потока порядка 3500-4500 м<sup>2</sup>/смену. Она должна составлять 200-240 т/ч.

Доставка приготовленной смеси к месту укладки может осуществляться автомобилями-самосвалами, автобетоновозами. Время транспортирования цементосодержащих смесей не должно превышать 30 мин при температуре воздуха от 20 до 30° С, а при температуре ниже 20° С – 1 ч.

Количество требуемых автомобилей, их грузоподъемность и интервал доставки смеси к месту укладки определяется исходя из производительности ведущей машины-профилировщика оснований, укладчика-распределителя или бетоноукладчика.

Между плитами жестких монолитных покрытий и искусственными основаниями необходимо предусматривать конструктивные мероприятия, обеспечивающие независимость горизонтальных перемещений слоев (разделительные прослойки из пергамина, пленочных полимерных и других материалов). Применение пескобитумного коврика не допускается.

## **5.2. Устройство оснований из песчано-гравийных (щебеночных) смесей гравийных, щебеночных и шлаковых материалов**

Искусственные основания из песчано-гравийных (щебеночных) смесей для аэродромных цементобетонных покрытий утраивают по грунтовым основаниям, уплотненным до требуемой плотности.

Песчано-гравийную смесь доставляют к месту её укладки или складирования автомобилями-самосвалами. Складирование песчано-гравийной смеси осуществляется на промежуточном складе перед последующим её использованием для устройства искусственного основания.

Отсыпанную и спрофилированную профилировщиком песчано-гравийную смесь уплотняют при влажности, равной 0,75-1,25 оптимальной, катками на пневмошинах массой не менее 16 т, либо самоходными гладковальцовыми массой не менее 10 т или комбинированными катками массой не менее 16 т. Число проходов по одному следу катков статического типа должно быть не менее 20, комбинированного типа – не менее 13.

Окончательную отделку оснований с уплотнением следует производить профилировщиком перед устройством последующих слоев.

На устроенном основании не должно оставаться следа от прохода тяжелого катка.

Устройство искусственных оснований из гравийных, щебеночных и шлаковых материалов состоит из следующих технологических операций: завоз материалов к месту укладки или на промежуточный склад; распределение материала на полосах 10-15 м вдоль оси ВПП, РД, перрона МС или площадок специального назначения слоем заданной толщины, уплотнение и выравнивание поверхности основания.

Максимальную толщину слоя в плотном теле при его уплотнении катками следует ограничивать 18 см при использовании трудноуплотняемого щебня (из изверженных и метаморфических пород марки по прочности 1000 и более), прочного хорошо окатанного гравия и шлака остеклованной структуры. При использовании легкоуплотняемого щебня толщину слоя следует принимать не более 22 см. Такие толщины слоев принимаются, если для их уплотнения используются гладковальцовые катки массой 10 т и более, вибрационные и комбинированные катки массой до 10 т. Если для уплотнения слоев каменных материалов используются катки на пневматиках, решетчатые, вибрационные и комбинированные массой более 15 т, то толщина слоя таких материалов может быть увеличена с 18 до 24 см и с 22 до 30 см. Толщина слоя может быть уменьшена до 10 см при его укладке на прочное естественное основание и до 15 см, если его укладка производится на песок. Толщина слоя должна быть также не меньше полуторного размера максимального зерна материала.

Укладка и распределение материала на полосах производится только на уплотненное и спланированное грунтовое основание или на подстилающий противозаиливающий слой, уложенный на подготовленное и спланированное естественное основание, сложенное глинистыми грунтами. Толщина противозаиливающего слоя (прослойки) должна быть не менее размера наиболее крупных частиц используемого зернистого материала, но не менее 5 см. В качестве противозаиливающих прослоек могут использоваться крупные и средней крупности пески, шлак, укрепленные грунты. Для устройства противозаиливающих прослоек используют профилировщики оснований. В качестве противозаиливающих прослоек также могут быть использованы полотна из нетканых материалов, таких как дорнит, геолон, террам, геотекстиль, стабиленка и др.

Работы по устройству щебеночных оснований следует проводить в два этапа:

1-й – распределение основной фракции щебня и его уплотнение с подсыпкой, и при необходимости, в местах просадок (обжатие и взаимозаклинивание). Щебень перед уплотнением необходимо поливать водой;

2-й – распределение расклинивающего щебня с уплотнением уложенного слоя. Перед уплотнением поверхность основания поливают водой.

Допускается применять одноразовую расклинку смесью фракции 5-40 мм.

При использовании трудноуплотняемого щебня слой перед распределением расрасклинивающего материала следует обрабатывать органическим вяжущим. В качестве основной фракции следует использовать фракции 40-70 мм, а расклинивание основной фракции следует производить щебнем фракции 10-20 и 5-10 мм с расходом 15 и 10 м<sup>3</sup> на 1000 м<sup>2</sup> основной фракции.

Распределение основной фракции щебня слоем до 30 см следует осуществлять профилированием основания, распределителями материалов, боковыми загрузчиками, укладчиками щебня с предварительным уплотнением слоя на глубину 25-30 см. Толщину отсыпаемого слоя принимают больше проектной толщины конструктивного слоя на величину его обжатия при уплотнении, которую определяют опытным путем до начала производства работ. Ориентировочно коэффициент уплотнения составляет для щебня и гравия 1,25-1,3; для шлака – 1,4-1,5.

Для распределения каменной мелочи применяют навесной распределитель типа Д-336.

На первом и втором этапах щебеночное основание уплотняют катками на пневмомашинах массой не менее 16 т с давлением воздуха в шинах 0,6-0,8 МПа, самоходными гладковальцовыми массой не менее 10 т, вибрационными массой не менее 6 т, решетчатыми массой не менее 15 т, комбинированными массой более 16 т.

Общее число прохода катков статического типа должно быть не менее 30 (10 на первом этапе и 20 на втором), комбинированных типов – не менее 18 (6 и 12) и вибрационного типа – не менее 12 (4 и 8). На устроенном основании не должно оставаться следа от прохода тяжелого катка.

Уплотнение щебня из шлака выполняют так же, как и щебня из естественных каменных материалов.

Основанием, устроенным из высокоактивных и активных шлаков, следует поливать водой ежедневно из расчета 2-2,5 л/м<sup>2</sup> до устройства следующего слоя, но не более 10 дней.

Уплотнение гравийных смесей производят в два этапа. На первом этапе легкими катками массой 5-8 т при скорости 1,5-2 км/час производят обжатие смеси, а на втором – основное уплотнение средними и тяжелыми катками (массой 10-12 т).

При применении катков на пневмошинах их масса назначается равной: до 10 т – на первом этапе и до 25 т – на втором этапе уплотнения.

Для получения наибольшей плотности гравийного основания, его уплотнение следует производить при влажности смеси, близкой к оптимальной. При недостаточной влажности гравийную россыпь увлажняют поливо-

моечными машинами из расчета 6-12 л/м<sup>2</sup>. При переувлажненном состоянии россыпи её уплотнение не производят.

Число проходов катка при уплотнении гравийных смесей зависит от массы катка, толщины уплотняемого слоя, состава смеси и вида каменного материала. Оно определяется опытным путем и для катков с гладкими вальцами составляет 12-30, а для катков на пневматиках – 5-15 проходов.

Признаками окончания уплотнения являются: прекращение движения волны перед вальцами катка и отсутствие заметного следа при его проходе. Устройство щебеночных, гравийных и шлаковых оснований производят поточным методом по захваткам, количество которых в потоке определяется количеством укладываемых слоев материалов искусственного основания. В каждую смену работы осуществляются на двух захватках: на первой захватке осуществляют завоз материалов, их распределение и предварительное уплотнение профилировщиком оснований, распределителем материала или другой ведущей машиной; на второй захватке осуществляют доуплотнение основания. Длина каждой захватки определяется производительностью распределителя при ширине укладываемой полосы основания кратной ширине захвата распределителя. Закончив укладку материала на части длины захватки распределитель на максимальной (транспортной скорости) перемещается к началу захватки и производит распределение и предварительное уплотнение материала на смежной полосе его укладки (в пределах этой захватки). Материал на второй полосе укладки отсыпается с уступом по отношению к длине укладки на первой полосе. Длину уступа принимают не более половины длины укладки [17].

При строительстве аэродромов низких классов допускается распределение материалов автогрейдерами. При этом работы ведут по одной из следующих схем:

I схема – материал искусственного основания сгружают в валик по оси и краям укладываемой полосы и, затем, производят разравнивание этого материала автогрейдером. Такая схема допустима лишь в тех редких случаях, когда возможно движение автосамосвалов по естественному основанию и невозможно пылеобразование.

II схема – материал выгружают на обочинах или вдоль края ранее уложенной смежной полосы с последующим перемещением материала на место его укладки. При такой схеме движение автосамосвалов происходит не по грунтовому уплотненному и спланированному основанию, а по ранее уложенному слою материала искусственного основания, который будет впоследствии выровнен и уплотнен.

III схема – материал выгружают в валики поперек укладываемой полосы с последующим распределением его вдоль полосы укладки автогрейдером "от себя".

Вторая и третья схемы используются в тех (большинстве) случаях, когда движение по поверхности подготовленного грунтового основания – недопустимо.

В зимнее время устройство оснований из щебня, гравия и шлака имеют свои особенности.

При температуре воздуха от 0 до минус 5° С продолжительность работ по распределению, профилированию и уплотнению каменного материала влажностью до 3 % не должна превышать 4 ч, при более низкой температуре – 2 ч. При влажности материала более 3 % его следует обрабатывать растворами хлористых солей в количестве 0,3-0,5 % по массе.

Уплотнение материалов в зимнее время следует производить без увлажнения.

Движение транспортных средств по основанию допускается только после полного его уплотнения.

Основание из активных доменных шлаков в зимнее время следует устраивать из щебня фракций не более 70 мм.

Во время оттепелей, а также перед весенним оттаиванием основание, устраиваемое в зимнее время, следует очищать от снега, льда и обеспечивать отвод от него талой воды.

Досыпку материала и исправление деформаций основания, устроенного в зимнее время, следует производить только после просыхания грунтового основания.

Нормативные требования, которые следует точно выполнять при устройстве искусственных оснований из песчано-гравийных (щебеночных) смесей, щебня с заклинкой изложены в [22].

При строительстве оснований из щебеночных, гравийных и шлаковых материалов необходимо соблюдать правила техники безопасности, которые в основном сводятся к осуществлению мероприятий, обеспечивающих безопасное движение машин. Особое внимание должно быть уделено движению машин задним ходом. Подачу автомобиля-самосвала с каменными материалами задним ходом для загрузки бункера распределительных машин можно производить только после сигнала машиниста распределителя или мастера.

Во время работы распределителей каменных материалов рабочим запрещается находиться в бункере машины или кузове самосвала.

Ни в коем случае нельзя во время работы распределительных машин производить регулировку их рабочих органов или отдельных узлов, направлять или менять ремни вибраторов.

В жаркую погоду машины, не имеющие кабин, должны иметь зонты. В сухую и ветреную погоду пути следования машин надо поливать водой для предотвращения пылеобразования.

### **5.3. Устройство оснований из щебеночных, гравийных (каменных материалов) и песчаных материалов, обработанных неорганическими вяжущими**

Основания из каменных материалов, обработанные неорганическими вяжущими, следует устраивать в сухую погоду при среднесуточной температуре воздуха не ниже 5° С. В аэродромном строительстве такие материалы

следует приготавливать в смесительных установках принудительного действия, оборудованных накопительными бункерами емкостью, равной 0,25-1,0 часовой производительности, чем обеспечивает непрерывную их работу. Грунтосмесительная установка ДС-50 отечественного производства производительностью 100 м<sup>3</sup>/ч обеспечивает скорость строительного потока 1200-2000 м<sup>2</sup>/смену. Для современных высокопроизводительных машин, например бокового загрузчика ISF производительностью 200 м<sup>3</sup>/ч, требуются более производительные установки, рассчитанные на 200, 400 м<sup>3</sup>/ч и более. В связи с этим, для приготовления каменных материалов, обрабатываемых цементом, можно использовать бетонные заводы.

Растворы поверхностно-активных веществ и хлористых солей следует готовить на растворных узлах смесительных установок. Технологический разрыв между окончанием приготовления каменных материалов, обработанных неорганическими вяжущими в смесительной установке, и её уплотнением не должен превышать 2 ч.

При устройстве искусственных оснований для жестких аэродромных покрытий максимальную толщину слоя в плотном теле при уплотнении катками следует ограничивать 22 см при его уплотнении катками с гладкими вальцами массой 10 т, вибрационными и комбинированными катками массой до 10 т. Если для уплотнения слоя будут использоваться катки на пневмошинах, решетчатые, вибрационные и комбинированные массой более 15 т, то максимальную толщину слоя можно принимать равной 30 см.

При укладке каменных материалов, укрепленных неорганическими вяжущими на прочное основание, толщина их слоя может быть уменьшена до 10 см, а при укладке на песок – до 15 см. Кроме того, минимальная толщина слоя из таких материалов должна быть более максимального размера зерна в 1,5 раза.

Уложенный, спрофилированный и предварительно уплотненный профилировщиком оснований, распределителем материала, боковым загрузчиком материала следует уплотнять катками на пневмошинах массой не менее 16 т, либо самоходными гладковальцевыми катками массой не менее 10 т или комбинированными массой не менее 16 т. Число проходов по одному следу катков статического типа должно быть не менее 20, комбинированного – не менее 13, вибрационного – не менее 9

По окончании уплотнения искусственного основания из каменных материалов, обработанных неорганическим вяжущим, следует произвести отделку его поверхности профилировщиком оснований с ликвидацией всех неровностей с последующим уплотнением гладковальцевым катком массой 6-8 т за 2-4 прохода по одному следу.

После отделки основания (устраиваемого с использованием цемента) следует обеспечить надлежащий уход за ним путем разлива по его поверхности битумной эмульсии в количестве 0,6-0,8 л/м<sup>2</sup> или рассыпки песка слоем 4-6 см с поддержанием его во влажном состоянии в течение 28 сут.

Движение построечного транспорта и устройство вышележащего слоя по основанию, устроенному с применением цемента в качестве основного

вяжущего или добавки, разрешается только после достижения прочности не менее 70 % проектной.

При пониженных и отрицательных температурах воздуха от 5 до минус 15° С приготовление и укладка каменных материалов должны осуществляться с применением специальных мер:

- подогревом воды и заполнителей;
- введением в смесь водных растворов хлористых солей;
- уплотнением основания по окончании его устройства.

Концентрированные растворы хлористых солей натрия и кальция следует готовить в отдельных емкостях с использованием, когда это требуется, горячей воды. Перед введением в бетоносмеситель рабочие растворы этих солей смешивают в потребном соотношении. Приготовленные растворы необходимо периодически перемешивать, перекачивать в расходную емкость и разбавлять водой до концентрации, указанной в [22]: кальция – 0,427 кг на 1 л воды; натрия – 0,25 кг на 1 л воды.

Применение мерзлого песка допускается только после отсева смерзшихся комков крупнее 10 мм. В щебне, гравии и песке допускается присутствие снега и льда.

Смеси без солевых добавок готовят в смесителях, находящихся в закрытых помещениях, с использованием подогретых каменных материалов и воды. Температура воды при этом должна быть не менее 80° С. Температура смеси на выходе из смесителя должна быть в пределах 35-40° С.

Транспортировать такие смеси следует в утепленном и укрытом кузове автомобиля-самосвала с его подогревом выхлопными газами. Допустимое время транспортирования при температуре наружного воздуха до минус 15° С составляет 1 ч.

Укладка и уплотнение смеси должны производиться быстро, не допуская её замерзания, с немедленным последующим утеплением засыпкой слоем песка толщиной не менее 10 см или другими материалами, обеспечивающими набор прочности материалом не менее 70 % проектной до его возможного замерзания. Толщину утеплителя определяют теплотехническим расчетом. Температура смеси во время её укладки должна быть не менее 25° С. Температура основания до замерзания должна быть не ниже 0°.

При устройстве оснований из смесей с медленно твердеющими шлаковыми и зольными вяжущими материал не должен замерзать до окончания его уплотнения. При этом в такой материал можно вводить только хлористый натрий без уменьшения суммарного количества добавляемых солей, определенного действующими строительными нормами и правилами. Утеплять основания из таких материалов не требуется. После их оттаивания производят выравнивание поверхности искусственного основания и его доуплотнение, если в этом есть необходимость.

#### 5.4. Устройство оснований из щебня, укрепленного органическими вяжущими

Из всех известных методов укрепления каменных материалов органическими вяжущими, используемых для устройства искусственных оснований аэродромных покрытий, наиболее приемлемым является способ их смешения в установке. Этот способ показал себя наиболее эффективным, поскольку обеспечивает самые высокие показатели основания по прочности и устойчивости, экономии вяжущего и технологичности по сравнению со способами поверхностной обработки и пропитки. Кроме того, такие основания более однородны по своей структуре по сравнению с основаниями, устроенными по способу поверхностной обработки и пропитки и, следовательно, обладают наилучшей дренирующей способностью, особенно при дренировании поверхностных вод, проникающих в основание сквозь швы, трещины и щели в жестких аэродромных покрытиях. Способ смешения каменных материалов с органическими вяжущими в установках следует применять в случаях, когда к прочности аэродромных покрытий предъявляются повышенные требования.

По данным исследований, проведенным в США [20] и, как указывалось в 3.4, лучшими материалами для устройства искусственных оснований аэродромных покрытий, укрепленных битумом, являются щебень или дробленый гравий (галька) размером 20-40 мм и 40-70 мм. При отсутствии мелкозернистой фракции достигается улучшение однородности и качества обработки материала битумом, чем при использовании плотных смесей и, как следствие, снижается деформативность основания под действием тяжелых самолетных нагрузок.

Обрабатывать щебень следует в смесителе принудительного действия битумом или другим органическим вяжущим, указанным в проекте.

Битум с добавлением поверхностно-активных веществ, разжижителей (пластификаторов) и других компонентов следует перемешивать до получения однородной смеси в отдельной емкости, оборудованной паро-, электро- или маслоподогревом. Готовое вяжущее перекачивают в расходную емкость и нагревают до рабочей температуры.

Продолжительность перемешивания щебня с битумом в смесителях с циркуляционной схемой движения материалов составляет 20-40 с, в системах с противоточной схемой – 30-60 с.

Горячие и теплые смеси каменных материалов с органическим вяжущим сразу же после приготовления следует выгрузить из смесителя в транспортное средство для доставки к месту укладки или в накопительный бункер.

Температура обработанного щебня (раздробленного гравия) при выходе из смесителя: при использовании битумов БНД 40/60, БНД 60/90, БНД 90/130, БН 60/90 и БН 90/130 – 140-160° С; БНД 130/ и БНД 200/300 – 120-140° С; СГ 130/200 – 90-110° С; МГ 130/200 – 100-120° С; МГО – 100-120° С; СГ 70/130 – 80-100° С; МГ 70/130 – 80-100° С.

Снижение температуры смесей на выпуске из смесителя при применении ПАВ допускается: для горячих – на 20° С, теплых – 10° С.



Время нахождения смесей в накопительном бункере с ПАВ не должно превышать 1 ч.

Работы по устройству искусственных оснований из каменных материалов, укрепленных органическим вяжущим в установке, должны производиться весной и летом при температуре не ниже 5° С, а осенью – не ниже 10° С.

Перед началом работ по укладке щебня, обработанного битумом в установке, необходимо проконтролировать степень уплотнения и ровность поверхности естественного основания. Степень уплотнения грунтового основания контролируют через каждые 200 м длины ВПП и РД в трех точках по поперечнику. В этих местах на глубинах 2-7 и 13-18 см от поверхности она должна составлять не менее 0,95 от максимальной. При необходимости поверхность грунтового основания выравнивается и доуплотняется профилировщиком оснований.

Устройство искусственных оснований из каменных материалов, укрепленных органическими вяжущими материалами, является ведущим технологическим процессом, его ведут поточным методом на отдельных захватках с равным объемом работ по укладке готовой смеси в дело..

Укладка смеси в искусственное основание ведется профилировщиком оснований или асфальтоукладчиком, в процессе которой смесь распределяется по ширине полосы укладки, профилируется, выравнивается, последовательно уплотняется виброорганами укладочно-профилирующих машин и самоходными катками на пневмошинах за 4-8 проходов.

Толщина уплотненного слоя, обработанного органическим вяжущим щебня в установке, должна составлять 1,25-1,30 проектной толщины слоя.

При строительстве оснований с применением органических вяжущих методом смешения с использованием каменных материалов могут возникать различные дефекты по следующим причинам [17]: из-за избытка крупных фракций щебня, плохого сцепления вяжущего с каменным материалом, неудовлетворительной работы укладчика, несвоевременного и неравномерного уплотнения, останова тяжелых катков и непрочного грунтового основания. Может образовываться грубая, неровная поверхность с большим количеством раковин. В таких случаях неизбежна переделка дефектных участков основания.

Растрескивание поверхности искусственного основания вызывается недостатком вяжущего, несвоевременным или чрезмерным уплотнением смеси тяжелыми катками, непрочным грунтовым основанием. Дефект устраняется дополнительной укаткой с предварительным разливом битума и россыпью крупных фракций щебня.

Волнистость поверхности основания свидетельствует об избытке вяжущего, неудовлетворительной работе укладчика, применении излишне тяжелых катков или непрочном грунтовом основании. Устраняется дополнительным уплотнением с добавкой крупных минеральных частиц.

При строительстве оснований из каменных материалов, укрепленных органическими вяжущими, необходимо контролировать качество применяемых материалов и правильность выполнения технологических процессов со-

гласно требованиям действующих строительных норм и правил и государственных стандартов.

При приемке работ необходимо ознакомиться с результатами контроля, проводившегося во время строительства, осмотреть основание, проверить его ровность, толщину и плотность. Ровность основания проверяют 5 м рейкой. Величина зазора между поверхностью основания и рейкой допускается равной не более 15 мм.

Рабочие, занятые на работах с органическими вяжущими, должны соблюдать меры защиты от их вредного воздействия на человека: не допускать попадания органических вяжущих и химических веществ в рот (в процессе питания и утоления жажды), на кожу, в глаза; не пробовать их на вкус и запах; работать в рукавицах и обуви на деревянной подошве или в резиновых сапогах и перчатках; необходимо не менее 5-6 раз в смену мыть руки и втирать специальные пасты на открытые места кожи. При работе с поверхностно-активными веществами следует предохранять глаза, лицо и органы дыхания от ядовитых паров, используя очки в кожаной или резиновой оправе и универсальные респираторы. На месте работы должна быть аптечка с набором медикаментов, противоожоговых средств, нейтрализующих веществ, перевязочных материалов. Необходимы также санитарно-бытовые помещения, гардеробные, умывальники и душевые, помещения для сушки, обезвреживания и обеспыливания одежды.

При введении добавок поверхностно-активных веществ в емкости битумоплавильных установок, работающих с использованием электронагревателей, необходимо все токоведущие элементы изолировать, ограждать и заземлять. Температура нагрева битума в установках должна быть не более 130° С. Электронагрев битума при использовании поверхностно-активных веществ, содержащих воду, не допускается. Осмотр и ремонт электроустановок допускается только при выключенном электротоке.

Все паропроводы, водопроводы горячей воды, битумопроводы должны иметь термоизоляцию, а вентили и краны – деревянные рукоятки.

Кроме того, должны строго соблюдаться правила по обслуживанию машин, перемещающихся при выполнении технологических операций. Прежде всего имеется в виду автомобили-самосвалы, работающие с укладчиками смесей и уплотняющие машины. Подавать автомобиль-самосвал к укладчику, профилировщику задним ходом можно только по сигналу рабочего, следящего за выполнением порядка работы машин, занятых на устройстве основания.

При одновременной и последовательной работе нескольких катков нужно следить за тем, чтобы расстояние между ними было бы не менее 5 м. Кроме вышеуказанных требований следует руководствоваться правилами техники безопасности при укреплении каменных материалов неорганическими вяжущими и укладки их в дело.

## 5.5. Устройство оснований из грунтов, укрепленных неорганическими вяжущими

В состав искусственных оснований аэродромных покрытий укрепленные вяжущими грунты могут входить как конструкционные слои со стабильными физико-механическими характеристиками, крупнообломочные грунты могут использоваться и в качестве дренажных слоев. Для укрепления грунтов вяжущими материалами пригодны практически все их типы, виды и разновидности за исключением глин с числом пластичности более 27. В качестве вяжущих могут применяться неорганические (цемент, известь) и органические (битум, деготь, битумные эмульсии золы уноса) материалы, а также комплексные добавки, состоящие из природных (цемент + известь, битум + известь, битум + цемент) и синтетических материалов (карбамидные, фурфурал-активные, эпоксидные смолы).

В результате обработки вяжущими и последующего уплотнения грунты становятся более прочными и устойчивыми при воздействии на них внешней нагрузки, а также более стойкими к воздействию на них природно-климатических факторов (замерзание – оттаивание, нагревание – охлаждение, увлажнение – высыхание). Изменения физико-механических свойств грунтов можно также достичь введением в свежие грунты песчаных и крупнообломочных добавок для увеличения их устойчивости под нагрузкой или глинистых частиц, увеличивающих сцепление между гранулометрическими элементами и повышающих плотность, а следовательно, и прочность грунта. Таким образом создаются грунты определенного гранулометрического состава, называемые оптимальными грунтами или смесями. Опыт аэродромного и автодорожного строительства свидетельствует о том, что грунты оптимального гранулометрического состава, включающие в себя в определенном соотношении частички разных размеров и уплотненные до максимального значения плотности при оптимальной влажности, являются и наиболее устойчивыми как в сухом, так и в водонасыщенном состоянии.

Относительно новым методом укрепления песчаных грунтов (особенно мелких и пылеватых) является внесение в них полимерных соединений. Действие таких полимерных соединений, как синтетические смолы, реализуется в цементацию (омоноличивание) грунта, придание ему большой прочности, устойчивости, водонепроницаемости. Так, например, при укреплении песка водным раствором карбамидной смолы и соляной кислоты образуется гель, который связывает раздельнозернистые частицы несвязного песка в прочный и водонепроницаемый монолит.

В результате укрепления грунтов комплексными добавками повышается их прочность, водостойкость и теплостойкость. Эти добавки объединяют действие на грунт вяжущего материала (битум, деготь, цемент) и активных добавок (известь, гипс и др.) и расширяют область применения укрепленных грунтов. Например, использование битумной эмульсии с добавками цемента

или извести позволяет выполнять технологические операции с укрепленным грунтом при пониженной температуре и повышенной влажности грунта.

Обработка грунтов органическими и неорганическими вяжущими материалами предусматривает обязательное выполнение таких технологических операций: измельчение грунта (при необходимости); внесение вяжущего материала, перемешивание его с грунтом; увлажнение смеси до оптимальной влажности; укладка с профилированием обработанного грунта и доведением его до максимальной плотности.

В зависимости от места приготовления смесей грунта с вяжущими материалами различают два метода производства работ: метод смешения на месте и метод смешения в установке.

Первый метод предусматривает приготовление смесей непосредственно на месте их укладки. Второй метод применяют для приготовления смесей в стационарных смесительных установках с последующим транспортированием готовой смеси к месту её укладки. Если метод смешения на месте показал себя более экономичным и шире применявшимся на практике, то метод смешения в установке гарантирует более высокое качество приготовленной смеси, а следовательно, и более высокое качество готовой строительной продукции, с повышенными долговечностью и надежностью аэродромного сооружения.

Устройство оснований из грунтов, укрепленных неорганическими вяжущими методом смешения на месте следует осуществлять при температуре воздуха не ниже 5° С. При температуре воздуха выше 20° С в приготавливаемую смесь следует вводить добавки органических вяжущих (битумные эмульсии, жидкий битум, гудрон или сырая нефть) в количестве 1-3 % массы или добавки поверхностно-активных веществ в количестве (% по массе смеси):

- гидрофобизирующая жидкость – (ГЖ 136-41) – 0,1-0,2;
- лингосульфат технический (ЛСТ) – 0,05-0,5;
- смачиватель ОП-10 – 0,05-0,5;
- гудрон нейтрализованный – 0,015-0,03;

Перед укреплением глинистых грунтов необходимо их размельчить с предварительным увлажнением до 0,3-0,4 влажности на границе текучести.

При размельчении маловлажных глинистых грунтов при их влажности менее 0,3 границы текучести в сухую погоду с температурой воздуха выше 20° С в грунт следует вводить добавки поверхностно-активных веществ, указанных выше, в тех же количествах, кроме гудрона.

При смешении с вяжущими крупнообломочных и песчаных грунтов, а также супесей в установках влажность смеси допускается не более чем на 2-3 % выше оптимальной при сухой погоде с температурой воздуха выше 20° С и на 1-2 % меньше оптимальной при температуре воздуха ниже 10° С, а также при выпадении осадков.

Если грунт укрепляется цементом в сочетании с органическим вяжущим, сначала вводится в грунт органическое вяжущее и после перемешивания его с грунтом добавляется поочередно цемент и вода.

В грунт, укрепляемый методом смешения на месте цементом или известью в сочетании с золой уноса и добавкой золошлаковой смеси или других минеральных материалов, необходимо сначала вводить добавку. После перемешивания грунта и добавки (с одновременным увлажнением смеси) до однородного состояния слой обработанного грунта следует спланировать. Обработку смеси цементом или известью производят через 24 ч после внесения минеральной добавки с одновременным доувлажнением смеси до оптимальной влажности.

Укладку и уплотнение смесей следует осуществлять при влажности соответствующей 0,75-1,25 оптимальной.

В настоящее время, как правило, конструктивные слои искусственных оснований монолитных цементобетонных покрытий из укрепленных грунтов, приготовленных по методу смешения в установках и доставленных к месту укладки автосамосвалами, укладывают высокопроизводительными профилировщиками и укладчиками из комплекта ДС 100 (ДС 110), "Автогрейд", Gomaco, Wirtgen, таких, как: TS-425 ("Автогрейд"), ДС-108 (типа "Автогрейд"); Trimmer-9500, PS-2600 и PS-4000 Gomaco; Wirtgen ISF.

При отсутствии профилировщиков или укладчиков грунты, укрепленные вяжущими, можно укладывать бетоно- или асфальтоукладчиком. На строительстве ВПП аэродрома аэропорта Борисполь нижний слой искусственного основания из грунтоцемента укладывался бетоноукладчиком Wirtgen SP-1600.

При строительстве искусственных оснований аэродромных покрытий на аэродромах классов Г и Д грунты, смешанные с вяжущими грунтосмесительными машинами, допускается распределять автогрейдерами.

Уплотнение смесей следует производить последовательно уплотнительными устройствами укладочно-профилирующих машин, самоходными катками на пневмошинах или виброкатками.

Смеси, образованные однопроходными и многопроходными грунтосмесительными машинами (фрезами), допускается укреплять самоходными катками на пневмошинах или виброкатками.

При использовании в качестве вяжущего цемента окончательное уплотнение смеси заканчивают не позднее 3 ч, а при температуре воздуха ниже 10° С – не позднее 5 ч с момента введения воды или раствора солей в смесь.

При укреплении крупнообломочных грунтов и песков цементом с добавками поверхностно-активных веществ или органических вяжущих процесс уплотнения смеси следует закончить не позднее 8 ч после её увлажнения.

Если в качестве самостоятельного вяжущего для укрепления грунтов используются известь или золы уноса, то уплотнение осуществляют не позднее, чем через сутки после увлажнения смеси.

Для ухода за свежеложенной смесью грунта с неорганическим вяжущим по поверхности уложенного искусственного основания распределяют 50 %-ные быстроспадающиеся и среднераспадающиеся битумные эмульсии из расчета 0,5-0,8 л/м<sup>2</sup>, а также нефтяной или нейтрализованный гудрон с

расходом 0,5-0,6 л/м<sup>2</sup> или же слой песка толщиной не менее 5 см с последующим поддержанием его во влажном состоянии.

Движение построечного транспорта по слою основания можно открывать не ранее, чем через 5 сут после его укладки, если укрепленный материал отвечает требованиям I класса прочности, а толщина слоя составляет не менее 15 см. Если материал основания соответствует требованиям II класса прочности, то движение построечного транспорта по уложенному основанию можно открывать через 5 сут при условии, что толщина основания не менее 20 см.

Если укрепленный неорганическим вяжущим материал искусственного основания удовлетворяет III классу прочности, а толщина слоя меньше 20 см, то движение построечного транспорта по уложенному слою можно открывать не ранее чем через неделю после его укладки.

Допускается открывать движение построечного транспорта и укладывать вышележащие слои основания:

- сразу после уплотнения основания до требуемой плотности при использовании в качестве вяжущего золы уноса сухого разбора;
- на следующий день после устройства укрепленного слоя из связных грунтов;
- через двое суток после устройства основания из укрепленных несвязных грунтов с использованием добавок из поверхностно-активных веществ, битумных эмульсий, жидких битумов или сырой нефти.

Коэффициент уплотнения грунтов, укрепленных неорганическими вяжущими, определяют как отношение плотности высушенного образца укрепленного грунта, взятого из уплотненного слоя, к плотности высушенной смеси грунта с вяжущим, уплотненной по методике действующего стандарта для крупнообломочных грунтов, и на малом приборе стандартного уплотнения (для других типов грунтов и их разновидностей).

Работы по укреплению грунтов неорганическими вяжущими в холодное время года при температуре воздуха от 5 до минус 10° С должны производиться с обеспечением недопущения замерзания грунта при его обработке и уплотнении. Твердение укрепленного грунта должно происходить при температуре не ниже минус 10° С. Для этого в грунт необходимо вводить добавки, понижающие температуру замерзания содержащейся в нем воды в количестве 0,5-1,5 % массы грунта.

При избыточной влажности грунта в него следует вводить добавки, связывающие избыточную воду, а затем уже можно вводить добавки, понижающие температуру замерзания воды. В качестве добавок, связывающих избыточную воду, могут служить известь, цемент, гипс и др.

Если грунт имеет влажность равную или превышающую оптимальную влажность смеси, то вещества для понижения температуры замерзания воды в грунте вводятся в него в порошкообразном, гранулированном или кристаллическом виде, а при влажности менее оптимальной – в виде раствора. Уплотнение смеси, уложенной в дело, производится также, как и в обычных условиях, когда температура воздуха не меньше чем 5° С. Оно должно быть

закончено не позднее 5 ч после введения в грунт добавок, понижающих температуру замерзания смеси. Уход за уплотненным материалом следует производить укладкой слоя песка толщиной не менее 6 см на его поверхность. На поверхности основания, построенного до наступления отрицательных температур необходимо сохранить этот защитный слой из песка на весь зимний период.

*Контроль качества производства работ* производится регулярно на протяжении всего срока строительства согласно требованиям действующих строительных норм и правил.

При строительстве оснований, укрепленных минеральными вяжущими, следует в течение каждой смены проверять: плотность грунтового основания и укрепление слоев грунта, а также их влажность; зерновой состав крупнообломочных и песчаных грунтов, число пластичности грунтов и степень их размельчения перед их укреплением неорганическим вяжущим в смесительной установке или на месте; точность дозирования вяжущего и добавок, вводимых в грунт; засоленность грунтов; влажность смеси перед её уплотнением; проектные отметки поверхности и её ровность после уплотнения материала искусственного основания. Работы по контролю качества строительного производства выполняются построечной лабораторией.

Качество измельчения грунтов контролируется рассевом проб грунта на стандартных ситах и сравнением полученных данных с требованиями проекта.

Влажность грунта контролируют на этапах, предшествующих внесению в них добавок, их перемешиванию с грунтом и уплотнению.

Дозировка вяжущих материалов и однородность смеси контролируется испытанием выборочных контрольных образцов из средних проб, взятых с места производства работ и соответствующих лабораторных образцов. Качество перемешивания проверяют визуально по однородности цвета полученной смеси, а также изготовленных в производственных и лабораторных условиях образцов из расчета не менее одной пробы на 200-250 м<sup>2</sup> готовой смеси.

Качество уплотнения проверяется отсутствием заметного следа (до 2 мм) после прохода тяжелого катка не менее 10 т, а также по плотности вырубленных образцов, значение которой должно быть не менее 98 % плотности переформованной смеси под давлением 30 МПа.

Качество смесей, приготовленных в производственных условиях, оценивают по результатам испытания образцов. Отклонение от проектных показателей прочности допускается: не более  $\pm 8$  % при приготовлении смеси в смесительных установках;  $\pm 15$  % - однопроходными грунтосмесительными машинами;  $\pm 25$  % - дорожными фрезами.

Ровность поверхности контролируется при помощи трехметровой рейки, просвет в середине которой не должен превышать 3 мм при строительстве с применением высокопроизводительных машин с автоматической системой обеспечения ровности и 5 мм для машин без такой системы.

Толщина слоя готового основания проверяется замером вырубков, взятых в трех точках поперечников аэродромного сооружения через 200 м. Отклонения допускаются в пределах  $\pm 5\%$ , но не более 20 мм.

Охрана труда работающих на строительстве аэродромных сооружений обеспечивается четким выполнением требований техники безопасности и технологии производственных процессов.

Лица с заболеваниями кожи, дыхательных путей и глаз к работе с цементом, известью и химическими добавками не допускаются. Допущенные к работе с этими материалами лица должны быть обеспечены прилегающей одеждой из пылезащитной ткани (комбинезоном с капюшоном, шлемом), резиновыми сапогами, брезентовыми рукавицами, респираторами, очками в кожаной оправе и резиновыми перчатками, фартуками с нагрудниками, прорезиненными нарукавниками.

Погрузочно-разгрузочные работы должны выполняться с использованием механизмов.

Растворы должны готовиться в открытых емкостях, оборудованных металлическими мешалками (миксерах), а также загрузочными приспособлениями и насосами. Емкости должны иметь защитные ограждения.

Остатки химических веществ и смывные воды должны отводиться в места, согласованные с природоохранными органами.

В случае химического ожога глаз водорастворимыми веществами (известью, хлористым кальцием и др.) нужно немедленно промыть глаза чистой водой и обратиться за врачебной помощью. Глаза промываются струей воды через резиновую трубку, но без прямого направления струи воды в глазное яблоко.

При попадании химических веществ на кожу вместе с промывкой водой можно применять 0,1 % раствор уксусной, лимонной или винной кислоты, а при попадании хлористых или серных соединений железа – 2 % раствор питьевой соды.

К работе с электроинструментами допускаются лица, имеющие первую квалификационную группу по технике безопасности при эксплуатации электроустановок и прошедшие инструктаж о безопасных способах работ с электроинструментом и электроустановками.

Ежедневно должна проверяться исправность рабочих органов всех применяемых машин. При работе машин обязательна подача предупреждающих сигналов.

Категорически запрещается держать включенным вибратор, когда вибробрус не лежит на уплотненном основании; работать со снятыми кожухами вибраторов и настилами; становиться на вибробрус; находиться сзади в момент опускания навесной части укладчика.

При работе с воспламеняющимися материалами места приготовления и хранения готовых составов должны быть удалены от зданий и сооружений на установленные расстояния с обязательным согласованием с органами пожарной безопасности. Курение в этих местах категорически запрещается.



## 5.6. Устройство оснований из грунтов, укрепленных органическими вяжущими

Устройство оснований из грунтов, укрепленных органическими вяжущими, производится в сухую погоду при температуре воздуха не ниже 10° С. При смешении грунтов с битумной эмульсией работы можно выполнять при температуре не ниже 5° С.

В случае укрепления органическими вяжущими крупнообломочных и песчаных грунтов их влажность должна быть равной 2-5 %, а глинистых грунтов – 0,2-0,4 влажности границы текучести грунта.

Смеси грунтов с органическими вяжущими следует приготавливать в грунто- и асфальтосмесительных установках принудительного смешения. Смешение глинистых грунтов с органическими вяжущими, как правило, осуществляют методом приготовления смеси на месте с использованием однопроходных или многопроходных грунтосмесительных машин.

При использовании органических вяжущих совместно с неорганическими или только органических вяжущих количество воды для получения смеси соответствующей оптимальной влажности следует уменьшить на количество органического вяжущего или на количество воды и вяжущего, содержащегося в эмульсии.

Если в стандартных смесительных установках производится смешение крупнообломочных, песчаных грунтов, супесей с жидким битумом, каменноугольным дегтем, битумной эмульсией и активными добавками в количестве не более 20 % массы грунта, а также при смешении грунта с битумной эмульсией или жидким битумом совместно с цементом, то вяжущие вещества, добавки (кроме молотой негашеной извести) и воду следует вводить в грунт одновременно в полном объеме.

При использовании в качестве активной добавки молотой негашеной извести необходимо её распределить по грунту и перемешать с ним с помощью грунтосмесительной машины. Последующую обработку грунта органическими вяжущими производят в смесительной установке не ранее чем через 12 и не позже чем через 24 ч после внесения извести. Влажность грунта перед внесением негашеной извести должна быть достаточной для её гидратации.

Органические вяжущие вводятся в смесь грунта с добавками за один раз.

Если для укрепления грунтов используется жидкая карбамидоформальдегидная смола, то смешение грунта с вяжущим производится в смесителях с принудительным перемешиванием без подогрева вяжущего и грунта. Грунт и смолу с отвердителем вводят в смеситель одновременно. При температуре более 25° С кроме карбамидной смолы в смеситель вводят смолобитумное вяжущее, а затем отвердитель. Смолобитумное вяжущее представляет собой смесь жидкой карбамидоформальдегидной смолы и добавки эмульгированного битума или гудрона без подогрева. Смолобитумное вяжущее можно хранить без отвердителя не более трех суток.

Укладка смесей и их уплотнение осуществляется при влажности, соответствующей 0,75-1,25 оптимальной профилировщиками или другими высокопроизводительными машинами.

Уплотнение грунтов, укрепленных битумной эмульсией и известью, либо битумной эмульсией или жидким битумом совместно с цементом, или карбамидоформальдегидной смолой, следует заканчивать не позднее чем через 24 ч после окончания перемешивания смеси в смесителе.

После укладки смеси в конструктивные слои искусственного основания аэродромного покрытия с предварительным её уплотнением органами профилировщика или укладчика дальнейшее уплотнение материала искусственного основания выполняется катками на пневмошинах или вибрационными катками. Если толщина слоя искусственного основания находится в пределах 20-25 см, то уплотнение следует производить самоходными катками на пневматических шинах массой 10-25 т (6-10 проходов). При большой толщине обрабатываемого слоя целесообразно использовать вибрационные катки массой не менее 6 т. Количество проходов катков по одному следу устанавливают на основе пробного уплотнения. Уплотнение обработанного грунта начинают от края уложенной полосы в направлении к её середине. Перекрытие смежных проходов принимают не менее 20 см. Более тщательно уплотняют краевые участки основания, увеличивая там число проходов катков на 20-25 %. Коэффициент уплотнения грунта, укрепленного органическими вяжущими материалами должен быть не ниже 0,98.

Коэффициент уплотнения грунтов, укрепленных органическими вяжущими без добавок цемента, определяют как отношение плотности высушенного образца укрепленного грунта, взятого из уплотненного слоя, к плотности смеси, уплотненной при оптимальной влажности под нагрузкой 30 МПа. При добавке в смесь грунта с органическим вяжущим цемента или карбамидоформальдегидной смолы – под нагрузкой 15 МПа.

Уплотнение грунтов, обработанных органическими вяжущими, необходимо закончить в течение суток после их укладки. Если уплотнение смеси производилось в условиях повышенной влажности (выпадение атмосферных осадков) и при температуре воздуха ниже 15° С, то не позднее чем через двое суток следует повторно уплотнить грунты, обработанные битумной эмульсией с добавлением цемента или карбамидоформальдегидной смолы, и не позднее чем через четверо суток грунты, укрепленные битумной эмульсией с добавкой извести.

Если грунт укреплялся битумной эмульсией или жидким битумом с добавкой цемента при температуре воздуха выше 15° С и отсутствии осадков, то необходимо обеспечить уход за ним путем разлива битумной эмульсии из расчета 0,8-1 л/м<sup>2</sup>. Если же вышележащий слой покрытия будет укладываться на основание не позднее двух суток, то уход не требуется.

Движение построечного транспорта по слою грунта, укрепленного органическими вяжущими, допускается открывать через двое суток после устройства основания из укрепленных несвязных грунтов с использованием добавок поверхностно-активных веществ, битумных эмульсий, жидких би-

тумов, гудронов или сырой нефти и на следующий день после устройства укрепленного слоя из связных грунтов [22]. После уплотнения грунта, обработанного битумной эмульсией с добавлением извести, можно открывать движение и устраивать следующий конструктивный слой не ранее 10 сут, после укладки слоя основания при температуре воздуха более 15° С и отсутствии осадков [4].

При строительстве оснований из грунтов, укрепленных органическими вяжущими, на протяжении каждой смены контролируют те же показатели, которые проверяются при укреплении грунтов неорганическими вяжущими.

Свойства грунтов, укрепленных органическими вяжущими, контролируют по взятым пробам, в том числе: гранулометрический состав – 1 раз в смену по ситовому анализу; число пластичности глинистых частиц, входящих в состав крупнообломочных грунтов, число пластичности глинистых грунтов; содержание песчаных частиц в глинистых грунтах, содержание легко растворимых солей в засоленных грунтах (хлоридов не более 4, сульфатов – не более 2 %) – 1 раз в 5 смен; влажность обрабатываемых грунтов перед введением вяжущих – 1 раз в смену. При этом влажность грунтов должна быть не более (%) крупнообломочных и песчаных – 2-5; супесей легких – 3-6; суглинков пылеватых – 4-9; суглинков и глин – 8-16; степень размельчения глинистых грунтов при содержании агрегатов крупнее, (мм) 5 не более 25 %, 10 – не более 10 %.

Температуру органических вяжущих при введении в смесь контролируют в каждой емкости до начала работ. При этом: температура жидких битумов марок СГ 40/70, МГ 40/70, МГО 40/70 должна быть в пределах 70-80° С; СГ 70/130, МГ 70/130, МГО 70/130 – 80-90° С; температура нефти и битумной эмульсии – не контролируется, т. к. эти материалы используются без подогрева.

Температуру каменноугольных вяжущих также контролируют в каждой емкости до начала работ с учетом условий вязкости по вискозиметру с отверстием диаметром 5 мм при 30° С. При вязкости 5-25 сек температура вяжущего должна быть в пределах 25-50° С; 25-70 сек – 35-60° С; тоже с отверстием диаметром 10 мм при 30° С. Для вяжущих с вязкостью 5-20 сек – 45-70° С; 20-50 сек – 60-80° С; 50-120 сек – 70-90° С.

Нагрев карбомидных смол не допускается.

Однородность битумной эмульсии (отсутствие признаков её расслоения) контролируется один раз в смену.

Концентрация рабочего раствора водрастворимых добавок и её соответствие расчетной проверяется один раз в смену.

Каждую смену производят проверку точности дозирования компонентов смеси. При смешении в установке – по показаниям дозатора, при смешении на месте – по измерению расхода материалов. В обоих случаях состав смеси должен соответствовать проектному.

Влажность смеси перед уплотнением должна соответствовать оптимальной, определенной при подборе её состава. Контроль производится через каждые 200 м в трех точках на поперечнике полосы укладки (по оси и на

расстоянии 0,5 м от кромки) по определению массы пробы, высушенной в термостате до постоянного значения при температуре не выше 60-80° С для жидких битумов и каменноугольных вяжущих. Для прочих вяжущих высушивание проб в термостате производится при температуре 100-105°С. В процессе укладки и уплотнения смеси кроме её влажности перед укладкой контролируют объем привезенной смеси, толщину слоя при её распределении профилировщиком основания.

Плотность смеси оценивается коэффициентом уплотнения грунта, укрепленного вяжущим. Коэффициент уплотнения должен быть не менее 0,98. Его определяют по результатам лабораторного анализа проб, отобранных аналогично отбору проб для определения влажности смеси перед уплотнением.

Допустимые отклонения от показателей прочности в зависимости от способов укрепления грунта (в смесительной установке, грунтосмесительной машиной или дорожной фрезой) и ровности поверхности готового основания остаются теми же, что и для грунтов, укрепленных неорганическими вяжущими.

Техника безопасности при укреплении грунтов органическими вяжущими акцентирована на уменьшение влияния паров вяжущих материалов на работающих и предотвращение случаев их ожогов.

Рабочие должны быть снабжены спецодеждой и обувью: комбинезонами, резиновыми перчатками и сапогами, головными уборами. Для предохранения лица, глаз от ядовитых испарений необходимо иметь средства индивидуальной защиты: очки в кожаной оправе или герметические очки в резиновой оправе, универсальные респираторы. На строительных площадках и полигонах должны быть санитарно-бытовые помещения: гардеробные, умывальники, душевые, туалеты, помещения для сушки, обезвреживания и обеспыливания одежды, помещения для приема пищи и отдыха, медпункты с аптечками, снабженными наборами медикаментов и перевязочных материалов.

Все токоведущие провода и части битумоплавильных установок должны быть надежно заизолированы и ограждены. Электронагревательная система должна быть надежно заземлена.

Температура нагрева битума в установках не должна превышать 130° С. Осмотр и ремонт установки допускается только при отключении электротока.

Электронагрев битума при использовании поверхностно-активных веществ, содержащих воду, не допускается.

Все водо- и паропроводы, битумопроводы должны иметь термоизоляцию, а вентили и краны – деревянные рукоятки.

Для предотвращения ожогов персонала, обслуживающего автогудронатор, необходимо до начала его работы проверить системы битумопроводов, кранов, распределителей, электроосвещения, звуковой сигнализации, огнетушителей. Необходимо проверить на засорение фильтр в приемной трубе перед присоединением наборного рукава к цистерне. Нельзя допускать пере-

полнения цистерны и вытекания битума через переливную трубу. Наполнение цистерны должно осуществляться при неподвижной машине.

При подогреве вяжущего материала в цистерне автогудронатора запрещается разжигать горелки, если цистерна заполнена полностью. Нельзя нагревать в цистерне невыпаренный материал, а также использовать для подогрева цистерны бензин взамен керосина во избежание его воспламенения при подтекании соединений топливопровода. Розжиг форсунок автогудронатора можно производить только находясь сбоку от них. Работающая система подогрева должна быть под непрерывным наблюдением. Чтобы избежать ожогов, рабочие обслуживающие автогудронатор, не должны прикасаться руками без рукавиц к его горячим частям: крышке, битумному котлу, распределительной трубе. При перевозке органических вяжущих скорость передвижения автогудронатора или битумовоза с полной цистерной должна быть не более 20 км/ч. При разливе битума запрещается находиться ближе 10 м от распределительной трубы.

Требования техники безопасности при работе профилировщиков, укладчиков укрепленных грунтов, автосамосвалов остаются теми же, что и при укреплении грунтов с неорганическими вяжущими или устройства искусственных оснований из других материалов.

### **5.7. Технология и организация работ по устройству искусственного основания аэродромного покрытия из грунта, укрепленного цементом**

Технологическая схема устройства полосы конструктивного слоя искусственного основания жесткого аэродромного покрытия из грунта, укрепленного цементом в смесительной установке с использованием профилировщика оснований ДС-108, автогрейдера и катков на пневмошинах приведена на рис. 5.1, а график работ по данной технологической схеме представлен на рис. 5.2.

Количество потребной цементогрунтовой смеси определяют расчетом с учетом запаса на её уплотнение и срезку при окончательном (чистовом) профилировании поверхности искусственного основания профилировщиком после её уплотнения катками.

Для доставки потребного количества цементогрунтовой смеси к месту её укладки формируют автоколонну из автомобилей-самосвалов одной марки и одинаковой грузоподъемности. Каждый автосамосвал загружают одинаковым количеством смеси. Автоколонна должна доставлять смесь в количестве, которое было бы достаточным для безостановочной работы профилировщика. Для обеспечения наиболее производительной работы ведущей машины (профилировщика), обеспечивающей высокоточную планировку поверхности искусственного основания. Выгруженный автосамосвалами грунт, укрепляемый цементом в смесительной установке, предварительно разравнивают и планируют тяжелым автогрейдером ДЗ-98, при этом укладка смеси производится не на всю ширину полосы, а на большую её часть так, чтобы границы

распределенной и спланированной грейдером смеси не доходили до границ укладки на 20-30 см. В дальнейшем, при планировке смеси профилировщиком, уплотнении, чистовом профилировании поверхности искусственного основания оставленные полосы заполняются смесью и, тем самым, ширина искусственного основания будет доведена до проектной. При предварительной планировке цементогрунтовой смеси автогрейдером следят за тем, чтобы отклонение по толщине слоя не превышали бы  $\pm 5$  см. Профилирование поверхности искусственного основания под уплотнение производится, как правило, за один проход профилировщика при рабочей скорости 10-15 м/мин. В течение данной операции машинист профилировщика контролирует функционирование рабочих органов машины, управляет фрезой и шнеком при необходимости перераспределения или дораспределения смеси по ширине профилируемой полосы с отбрасыванием излишков на обочину для придания основанию такой ширины, которая была бы достаточной для движения по ней гусениц профилировщика и бетоноукладчика. В результате поверхность основания не должна иметь впадин, быть ровной, а толщина уложенной смеси достаточна, чтобы после её уплотнения слой искусственного основания имел проектную толщину.

Рис. 5.1. Технологическая схема устройства полосы конструктивного слоя искусственного основания жесткого аэродромного покрытия из грунта, укрепленного цементом в смеси-тельной установке с использованием профилировщика оснований ДС-108:

*1* – автомобиль- самосвал с цементогрунтовой смесью; *2* – автогрейдер; *3* – профилировщик ДС-108; *4* – копирная струна; *5* – каток на пневмошинах; *6* – поливомоечная машина; *7* – машина для нанесения пленкообразующих материалов ДС-105; *А* – доставка смеси автосамосвалами, её разравнивание и предварительная планировка автогрейдером; *Б* – профилирование цементогрунта профилировщиком, доставка смеси, её разравнивание и уплотнение на обочине; *В* – обратный ход (возврат) к началу полосы профилировщика, увлажнение смеси с перемешиванием; *Г* – профилирование уложенной смеси профилировщиком перед её уплотнением катками; *Д* – уплотнение смеси катками на пневмоходу; *Е* – чистовое профилирование искусственного основания профилировщиком, подкатка краев полосы катками, разравнивание и уплотнение валиков смеси на обочине автогрейдерами и катками; *Ж* – уход за основанием путем нанесения на его поверхность пленкообразующих материалов машиной ДС-105

Рис. 5.2. График работ по устройству искусственного основания аэродромного покрытия из цементогрунта с использованием профилировщика оснований ДС-108

Уплотнение смеси начинается сразу после её профилирования под укатку профилировщиком и заканчивается не позднее 3 ч после приготовления смеси в смесительной установке, а при температуре воздуха ниже 10° С – не позднее 5 ч с момента введения воды или раствора солей в смесь. При уплотнении крупнообломочных грунтов и песков цементом в сочетании с добавками поверхностно-активных веществ уплотнение смеси допускается заканчивать не позднее 8 ч после приготовления в установке. Для укрепления цементогрунтовой смеси используют катки на пневмошинах Д-624, Д-627 или другие подобного типа катки, загруженные балластом. Укатка ведется двумя проходами по краям основания с последующим смещением катков к середине с перекрытием проходов на 25-30 см. Потребное количество проходов по одному следу обычно определяют после пробной укатки и получаемой пробной смеси, устанавливаемой по результатам лабораторных испытаний.

Чистовое профилирование завершает работы по устройству искусственного основания из цементогрунта. До выполнения этой операции основание должно быть увлажнено. После завершения чистового профилирования организуют уход за основанием путем нанесения на его поверхность пленкообразующего состава, обеспечивающего нормальные условия его твердения. Для этого используют машину ДС-105, финишер ТС-280, текстурировщики Gomaco ТС-400 и ТС-600 и другие машины, которые можно использовать по уходу за цементосодержащими материалами. При отсутствии указанных машин можно использовать автогудронатор.

Движение построечного транспорта по грунтоцементному основанию допускается открывать не ранее чем через 7 сут после его устройства.

Для устройства цементогрунтового основания аэродромного покрытия по принятой технологической схеме, работы организуют в две смены звеньями рабочих следующего состава: машинист профилировщика – 1; помощник машиниста – 1; водитель автогрейдера – 1; водители катков – 2; водитель машины ДС-105 – 1; аэродромные рабочие – 3.

В представленном на рис 5.2 графике работ не учтена трудоемкость работ по доставке цементогрунтовой смеси, воды для увлажнения смеси, пленкообразующих материалов, т. к. условия доставки в каждом конкретном случае могут значительно отличаться друг от друга.

В случае отсутствия (по условиям работы) необходимости увлажнения цементогрунтовой смеси перед её чистовым профилированием, возврат (обратный ход) профилировщика к началу полосы осуществляется на транспортной скорости (до 54 м/мин).



## ГЛАВА 6.

# УСТРОЙСТВО МОНОЛИТНЫХ БЕТОННЫХ, АРМОБЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ И МОНОЛИТНЫХ БЕТОННЫХ ОСНОВАНИЙ

### 6.1. Общие сведения о конструкциях монолитных цементобетонных аэродромных покрытий

К монолитным жестким аэродромным покрытиям относятся покрытия из монолитного цементобетона, армобетонные, железобетонные и предварительно-напряженные железобетонные покрытия.

Покрытия из монолитного цементобетона (бетонные покрытия), несмотря на то, что их стоимость выше стоимости асфальтобетонных покрытий, благодаря несложности своей конструкции, хорошим эксплуатационным качествам, большому сроку службы, нашли наиболее широкое применение на аэродромах.

Монолитные цементобетонные покрытия строят из одного или двух слоев. Максимальная толщина однослойных покрытий обычно не превышает 35 см. Если по расчету требуется толщина покрытия более максимально-возможной по технологии их строительства, то проектируют двухслойные покрытия (рис. 1.7). Нижний слой двухслойного покрытия делают из менее прочного материала, чем верхний, используя, например, цементобетон или пескобетон более низкого класса прочности на растяжение при изгибе, тощий бетон, шлако- или керамзитобетон как конструкционно-теплоизоляционный материал. Верхний слой покрытия выполняют из того же бетона, что используется для однослойного покрытия. Двухслойные покрытия из монолитного цементобетона могут устраиваться с разделительной прослойкой между слоями или без неё – по методу сращивания верхнего и нижнего слоев.

Под однослойным и нижним слоем монолитного бетонного покрытия устраивают искусственное основание.

Наиболее характерной особенностью этих покрытий является относительная мелкогабаритность их плит из-за низкой трещиностойкости неармированного бетона. Для предотвращения трещинообразования на поверхности монолитного цементобетонного покрытия в результате усадки бетона однослойное покрытие и верхний слой двухслойного разрезают на отдельные плиты. Максимальный (критический) размер плит толщиной до 30 см не должен быть более 5 м, а толщиной более 30 см – 7,5 м. Максимальный размер плит нижнего слоя двухслойного монолитного бетонного покрытия может быть увеличен до 10 м, поскольку этот слой работает в более благоприятных физических и природных условиях, чем верхний. Исходя из установленных максимально-допустимых размеров монолитных бетонных плит и ширины захвата современных бетоноукладочных машин (7,5 м), размеры плит в однослойных покрытиях и верхнем слое двухслойных покрытий в зависимости от их толщины могут назначаться: 3,75 × 5 м; 7,5 × 7,5 м, а в ниж-

нем слое двухслойных покрытий –  $7,5 \times 10$  м. Бетонные плиты с такими максимально-допустимыми унифицированными размерами называют стандартными плитами. Эти плиты имеют квадратную или прямоугольную форму в плане. Стандартные плиты отделены друг от друга деформационными швами: продольными и поперечными швами сжатия, располагаемыми перпендикулярно друг к другу. В деформационных швах предусматривают стыковые соединения. Устройство деформационных швов в аэродромных монолитных цементобетонных покрытиях рассматривается в п. 4.3.

В проекте бетонных покрытий должны содержаться планы раскладки плит с трассировкой продольных и поперечных швов на различных аэродромных сооружениях. Наиболее простыми такие планы являются на прямолинейных аэродромных сооружениях: ИВПП, прямолинейных участках РД, перронах, МС. На покрытиях этих сооружений применяются стандартные плиты. По ширине аэродромных сооружений может помещаться целое количество стандартных плит или же, при необходимости, потребуются дополнительные ряды доборных плит, чтобы обеспечить потребную ширину аэродромного сооружения. Такие доборные нестандартные плиты размещают на краевых участках сооружений. Максимальная ширина нестандартных плит должна быть не менее 2,5-3 м из условия сохранения ими устойчивости при наезде на них колес самолетов. К нестандартным относятся также плиты лотковых рядов аэродромных покрытий, используемых для сбора и отвода атмосферных осадков.

В местах сопряжений покрытий (РД с ВПП, РД с РД, РД с перроном или МС и др.) следует применять нестандартные квадратные плиты со стороной 5 или 7,5 м в зависимости от толщины покрытия (рис. 6.1) [2].

Рис.6.1. План раскладки плит аэродромного покрытия на ИВПП, РД и в узле сопряжения ВПП и РД:

1 – стандартные плиты; 2 – отмостки ИВПП; 3 – поперечные ложные швы сжатия со штырями; 4 – продольные технологические швы сжатия шпунтовые; 5 – нестандартные плиты; 6 – сквозные швы расширения с краевым армированием плит; 7 – укрепленные обочины РД; 8 – укрепленный участок, примыкающий к ИВПП

На крайних участках сопряжений следует размещать плиты неправильной формы в плане без наличия у них острых углов (плиты, имеющие углы в плане легко разрушаются колесной нагрузкой). В местах устранения острых углов размер стороны плиты должен быть более 0,5-1 м. Каждый участок сопряжения следует отделять от

аэродромного сооружения, как и сами аэродромные сооружения друг от друга сквозными швами расширения с краевым армированием (см. п. 4.3).

Искусственными основаниями монолитных цементобетонных покрытий, устраиваемых в районах с низким залеганием подземных вод и небольшим годовым количеством выпадающих атмосферных осадков могут служить разнородные пески, местные связные и засоленные грунты, укрепленные вяжущими (V ДКЗ). При расположении аэродромов во II-IV ДКЗ, когда естественными основаниями аэродромных покрытий являются пылеватые и глинистые грунты в конструкциях искусственных оснований должен предусматриваться дренажный слой с закрывочными дренами. В качестве дренажного слоя следует использовать щебень, гравий и их смеси с устройством противозаиливающей прослойки. При устройстве бетонных монолитных покрытий на искусственном основании из щебня или гравия, шлака, керамзита, поверх искусственного основания следует предусматривать выравнивающий слой из песка толщиной 3-5 см. Для увеличения прочности искусственного основания из щебня или гравия их следует обрабатывать по методу смешения в установках органическими и неорганическими вяжущими. Толщина монолитных цементобетонных однослойных покрытий из бетона класса  $B_{\text{итб}} 4,0$  (прочности на растяжение при изгибе), рассчитанных на V-I категории нормативной нагрузки, реально колеблется от 18-20 до 30-40 см, двухслойных – 50-60 см при расходе стали на стыковое соединение 1,5-4 кг/м<sup>2</sup> [2], что связано с большим количеством и протяженностью деформационных швов.

При устройстве монолитных цементобетонных покрытий можно использовать как рельсовый комплект бетоноукладочных и отделочных машин, так и комплект высокопроизводительных машин на гусеничном ходу со скользящими формами. Оба комплекта обеспечивают полную механизацию всех технологических процессов.

Для бетонирования нестандартных плит аэродромного покрытия обычно используют средства малой механизации.

Армобетонные покрытия – это аэродромные монолитные цементобетонные покрытия с низким коэффициентом армирования, порядка 0,1-0,15 %. В качестве арматуры в таких покрытиях используются сварные сетки из стержневой горячекатаной стали периодического профиля классов А-II и А-III в толще плиты на расстоянии, равном 1/3-1/2 её толщины в один ряд (рис. 6.2). Шаг стержней применяют равным от 15 до 40 см. При толщине плит менее 30 см продольную и поперечную арматуру сеток принимают диаметром от 10 до 14 мм, а при толщине более 30 см – диаметром от 14 до 18 мм. С увеличением диаметра стержней шаг их установки возрастает.

Рис. 6.2. Схема поперечного разреза армобетонного покрытия:

1 – плита; 2, 3 – соответственно поперечные и продольные стержни арматурной сетки

Сетки заготавливают на всю ширину плиты. В продольном направлении их соединяют без сварки – внахлестку.

Армобетонные покрытия состоят из отдельных прямоугольных плит, разделенных между собой продольными и поперечными швами сжатия. Расстояния между поперечными швами должно быть не более 10 м при амплитуде среднесуточных температур  $45^{\circ}$ - $60^{\circ}$ С; 15 м – при годовой амплитуде  $45^{\circ}$  С и менее.

За годовую амплитуду среднесуточных температур принимают разницу средней температуры самого жаркого месяца в году и средней температуры самого холодного месяца. В районах со сложными инженерно-геологическими условиями (вечномерзлые, пучинистые, набухающие, просадочные, засоленные, заболоченные грунты) длину армобетонных плит принимают не более 10 м.

Продольные швы сжатия армобетонных покрытий совмещают с технологическими швами.

С учетом изложенного, при ширине захвата бетоноукладчика 7,5 м размеры стандартных армобетонных плит в однослойных и в верхнем слое двухслойных покрытий оказываются равными  $7,5 \times 10$ ,  $7,5 \times 15$  м. В нижнем слое двухслойных покрытий предусматриваются стандартные цементобетонные монолитные плиты размером  $7,5 \times 10$  м. В узлах сопряжений армобетонные плиты могут иметь размеры  $7,5 \times 7,5$  м,  $5 \times 5$  м.

Опыт эксплуатации армобетонных аэродромных покрытий показал целесообразность их использования. Было установлено, что армобетон повышает сопротивляемость аэродромных покрытий воздействию динамических и многократно повторяющихся нагрузок. Благодаря снижению неоднородности свойств бетона и местных дефектов бетонирования, а также включению в работу арматуры, повышается трещиностойкость плит армобетонных покрытий, что и позволило увеличить критические размеры монолитных цементобетонных неармированных плит.

Армобетонные покрытия являются наиболее эффективными из известных ненапрягаемых жестких покрытий в современном аэродромостроении. Благодаря простому армированию и возможности использования современных методов бетонирования, достигается высокая технологичность армобетонных покрытий и гарантируемое качество их строительства. Существенное уменьшение количества и протяженности швов за счет увеличения размеров стандартных плит позволяет улучшить эксплуатационные характеристики покрытия: ровность, ремонтпригодность, долговечность.

Толщина армобетонных покрытий при III-I категориях нормативной нагрузки составляет от 34-38 см (однослойные покрытия) до 50-56 см (двухслойные покрытия). Расход стали для армирования плит и устройства стыковых соединений составляет  $6,5-8$  кг/м<sup>2</sup> [2].

Железобетонные покрытия являются наиболее прочными и трещиностойкими из всех ненапрягаемых жестких цементобетонных покрытий. При восприятии самолетных нагрузок и природных воздействий в растянутой

зоне изгибаемой плиты происходят образование трещин, не приводящее, однако, к исчерпанию несущей способности покрытия. В сечении плиты с появившимися трещинами растягивающие усилия воспринимаются арматурой, а сжимающие – бетоном. Благодаря наличию арматуры, проходящей через трещины, в растянутой зоне ограничивается ширина и глубина их раскрытия, причем ширина раскрытия трещины при действии расчетной нагрузки не должна превышать 0,3 мм. Железобетонные покрытия также, как и бетонные, состоят из прямоугольных плит, разделенных между собой продольными и поперечными швами сжатия. Длину плиты железобетонных покрытий принимают равной 20 м, а максимальную ширину – 7,5 м. При этом размеры стандартных плит составляют  $20 \times 7,5$ , а в углах сопряжений –  $7,5 \times 7,5$ ,  $5 \times 5$  м. Плиты армируют сварными сетками, изготовленными из стержневой арматуры классов А-II и А-III периодического профиля диаметром 12-18 мм. Шаг установки стержней в сетках определяется требуемой площадью арматуры и назначается равным от 100 до 300 мм. Сетки размещают в верхней и нижней зонах сечения плиты и объединяют в пространственные каркасы при помощи монтажной арматуры. В плите обычно устанавливают три каркаса, соединяемых между собой продольными стержнями внахлестку. Защитный слой бетона для арматурных каркасов должен быть снизу плиты 30 мм и сверху – 40 мм.

Арматуру в сетках размещают в соответствии с эпюрой изгибающих моментов, действующих в плите. Поэтому максимальное количество арматуры размещается вдоль краевых участков плит и в нижней зоне. Наименьшее количество арматуры устанавливают в центральной части верхней зоны плиты.

Оптимальное значение коэффициента армирования ( $\mu$ ) для железобетонных покрытий принимается в пределах 0,25-0,4 %, что способствует эффективной работе бетона в сжатой зоне плиты и арматуры в растянутой. Вместе с тем, в краевых и угловых участках плит при конструктивной их толщине требуемую прочность и ширину раскрытия трещин удается получить благодаря увеличению  $\mu$  до 0,8-1 %, а иногда и до более высоких значений.

Продольные швы сжатия в железобетонных покрытиях устраивают со шпунтом или сквозными, а поперечные – штыревые, сквозными или ложными (п. 4.3).

В связи с большим расходом стали и сложным армированием монолитные железобетонные покрытия не нашли широкого применения в практике строительства аэродромов. В железобетонных покрытиях толщиной 26-30 см расход стальной арматуры составляет 26-30 кг/м<sup>2</sup>, исходя из чего можно прийти к выводу, что строительство железобетонных покрытий целесообразно только взамен двухслойных аэродромных покрытий, при тяжелых эксплуатационных нагрузках. Применение железобетонных покрытий может быть целесообразными и при строительстве аэродромных сооружений в сложных инженерно-геологических условиях [2].

Жесткие цементобетонные аэродромные покрытия неармированные и армированные стальной арматурой широко используются при строительстве аэродромных сооружений в зарубежных странах [2]. Характерной особенностью строительства жестких аэродромных покрытий является использование в качестве их искусственных оснований материалов с высокой водопроницаемостью: щебня, гравия, шлака, укладываемых на грунты, укрепленные вяжущими, на глубину 20-25 см. В качестве конструктивного слоя искусственного основания нередко применяют тощий бетон слоем 15-30 см.

Монолитные бетонные покрытия применяют как на аэродромах местных авиалиний (толщиной 12,5-15 см), так и на аэродромах базирования самолетов с большой взлетной массой, где толщина монолитных бетонных покрытий достигает 50-60 см. Длина плит бетонных покрытий в зависимости от их толщины применяется от 3,8 до 7,5 м, а для армобетонных – от 13,5 до 22,5 м.

Особенности строительства аэродромных покрытий иллюстрируются следующими техническими решениями. В продольных технологических швах сжатия обычно устраиваются шпунтовые соединения, а в швах между крайними рядами плит на ВПП они являются обязательными. Поперечные швы сжатия устраивают либо сквозными, либо со штыревыми соединениями, если естественными основаниями аэродромных покрытий являются просадочные грунты. Для увеличения коэффициента сцепления и предупреждения аквапланирования колес самолета при выпадении дождей на покрытиях ВПП нарезают поперечные канавки или укладывают пористый слой, например, из базальтовых каменных пород с высокой водопроницаемостью.

В отечественной технической литературе получил отражение зарубежный опыт строительства непрерывно армированных бесшовных покрытий (НАБП) [2], [3]. Такие покрытия эксплуатируются на аэродромах Франции, Англии, США. Они являются разновидностью армированных жестких покрытий, состоящих из рядов примыкающих друг к другу плит, длина которых может достигать 2-3 км и более. В плитах ненапрягаемая продольная арматура, стыкуемая внахлестку, не прерывается по всей длине плит. Температурные поперечные швы в таких покрытиях отсутствуют. Их роль выполняют образовавшиеся в процессе строительства и эксплуатации покрытия трещины, ограниченные максимальным раскрытием 0,4 мм, отстоящие друг от друга на расстоянии от 0,3 до 2 м. Такое ограничение раскрытия трещин возможно при коэффициенте продольного армирования плит  $\mu = 0,6-0,75\%$  или, примерно, 10-16 кг/м<sup>2</sup> и более. Расстояние между продольными стержнями принимают равным 15 см, а между поперечными – 30 см. Армирование плит осуществляется сварными сетками (в один ряд) или каркасами (в два ряда) из стержневой арматуры диаметром 12-18 мм класса А-II. Ширину сеток и каркасов принимают равной ширине захвата бетоноукладчика за вычетом 6 см. При однорядном армировании сетки располагают внутри плиты на расстоянии, равном 1/3-1/4 её толщины от поверхности, а при двухрядном – в верхней и нижней зоне сечения плиты.

Непрерывность продольного армирования покрытий НАБП (как уже указывалось выше) осуществляется за счет нахлестки стыкуемых стержней и сеток на длину не менее 30 диаметров рабочей арматуры.

НАБП, не имеющие поперечных швов, имеют повышенную ровность (по сравнению с многошовными покрытиями), что обуславливает уменьшение динамических нагрузок как на покрытия, так и на воздушные суда. Отсутствие поперечных швов обеспечивает экономию герметизирующих материалов и снижение объемов работ по содержанию и ремонту аэродромных покрытий.

Вместе с тем эти покрытия имеют и недостатки. Большое количество поперечных трещин на поверхности покрытия повышает износ пневматиков колес самолетов, а сами трещины являются очагами разрушения материалов покрытия под действием природных и эксплуатационных факторов. Продукты разрушения плит, попадая в воздухозаборники реактивных двигателей, снижают их ресурс или являются причиной отказа их работы. Поэтому покрытия НАБП обычно используются лишь в качестве нижних слоев двухслойных покрытий.

С 1972 г на аэродромах США, Бельгии, Южной Кореи и других стран для строительства аэродромных покрытий применяется фибробетон. Этот материал представляет собой цементобетон равномерно, но не беспорядочно армированный во всем объеме мелкими отрезками стальной проволоки, именуемых фибрами, длиной 20-25 мм и диаметром 0,2-0,3 мм, имеющими изгиб по длине или же специальные отгибы на концах. Расход стали в фибробетоне может колебаться в пределах от 45-50 до 80-90 кг/м<sup>3</sup> и достигать 120-150 кг/м<sup>3</sup> бетонной смеси [2].

Толщину покрытий из фибробетона принимают равной от 8 до 15-20 см. Для фибробетона требуются прочные искусственные основания. Фибробетонные покрытия бетонируют бетоноукладочными комплектами с применением рельс-форм. Используется бетонная смесь с осадкой конуса 7,5-10 см. Водоцементное отношение принимается в пределах 0,4-0,45. В смесь вводят воздухововлекающие и пластифицирующие добавки, расход цемента составляет 460-470 кг/м<sup>3</sup>.

Фибробетонное покрытие состоит из плит длиной 12-15 м и шириной 7-7,5 м. Поперечные швы (типа ложных швов сжатия) нарезают в затвердевшем бетоне. Продольные швы сжатия устраивают сквозными.

Фибробетонные покрытия по сравнению с обычными цементобетонными обладают рядом преимуществ: высокой сопротивляемостью динамическим нагрузкам и истиранию, усталостной прочностью, трещиностойкостью, устойчивостью к температурным и газоструйным воздействиям.

Повышенный расход цемента и стальной проволоки компенсируется его долговечностью и экономией бетонной смеси, благодаря уменьшению толщины покрытия в 2-2,5 раза.

Вместе с тем при приготовлении фибробетона может происходить комкование проволочных отрезков. Для предотвращения этого крайне нежелательного явления в технологию приготовления бетонной смеси введены

следующие операции: перемешивание фибр с минеральными материалами до их затворения водой; просеивание фибр в бетономешалку через виброгрохот с отверстиями до 50 мм; более длительное (90-120 с), чем обычно (50-60 с), перемешивание затворенной фибробетонной смеси. Все эти меры не решают означенную проблему полностью, хотя и значительно уменьшают комкование фибр.

К недостаткам фибробетона следует отнести снижение его долговечности под воздействием химических реагентов, применяемых на аэродромах для борьбы с гололедом на аэродромных покрытиях.

С учетом отмеченных недостатков фибробетона представляется перспективным и целесообразным использование базальтофибробетона для строительства аэродромных и дорожных покрытий, обладающего теми же достоинствами, что и фибробетон (со стальными фибрами), но, к тому же, имеющего высокую химическую стойкость против химических реагентов, используемых при эксплуатации аэродромов.

## **6.2. Установка копирных струн, рельс-форм и инвентарной опалубки**

Новейшие машинные комплексы, предназначенные для устройства аэродромных и дорожных монолитных цементобетонных покрытий, обладают бескопирной системой слежения на основе лазерно-радиографической технологии Leica, исключая необходимость установки копирных струн для регулирования толщины укладываемого слоя и изменения направления движения машины при слежении за продольным профилем, либо за базовой поверхностью. Вместе с тем, в настоящее время еще широко используются машинные комплексы типа "Автогрейд" со струнной технологией укладки слоев аэродромного покрытия из цементосодержащих материалов, их распределения, уплотнения, профилирования, выравнивания, выглаживания и ухода, обеспечивающего нормальное твердение материала. Не исключается и использование комплекта машин с рельс-формами, когда требуется устройство покрытий из таких материалов как базальтофибробетон. Все рабочие органы комплекта типа "Автогрейд" и новейших машин зарубежного производства, например Wirtgen, автоматизированы, а их работа контролируется посредством общего для всех технологических операций разбивочного шнура (копирной струны), провешенной на условном уровне начала отсчета. Копирные струны задают уровень и курс движения в плане при работе машин в автоматическом режиме. Ясно, что они также являются средством установки и регулирования рабочих органов машин перед началом их работы. От точности установки копирных струн зависит качество выполнения проектных требований по устройству аэродромных покрытий.

Установка копирных струн включает в себя следующие операции:

- восстановление (при необходимости) оси аэродромного сооружения и закрепление её и осей полос укладки цементобетона забитыми кольями;



- разбивка пикетажа и установка нивелирных реек в плане по теодолиту;
- забивка нивелирных реек под отметку;
- контрольное нивелирование реек;
- установка и забивка металлических стоек с кронштейнами;
- установка кронштейнов под нивелирными рейками по теодолиту и шаблону;
- раскладка струны, натяжение её и укладка струны в прорези кронштейнов;
- проверка установки струны в плане и профиле;
- снятие струны после устройства основания (покрытия);
- демонтаж стоек (при необходимости и нивелирных реек), их очистка, погрузка и доставка на новый участок установки.

Копирную струну закрепляют параллельно оси полосы укладки бетона или материала основания примерно на расстоянии 7 м от неё. Высота установки копирной струны над верхом естественного основания аэродромного покрытия должна находиться в пределах 0,5-1 м. Расстояние между стойками принимают не более 15 м на прямых участках и 4-6 м на виражах. Длина участка с установленными копирными струнами должна быть не менее сменной производительности комплекта машин.

Автоматическая система задания уровня и курса комплекта машин со скользящей опалубкой при устройстве маячных полос (рядов) должна работать от двух копирных струн, при устройстве примыкающих рядов – от одной струны. Разбивку линии установки копирных струн в плане производят, с одной стороны, при помощи теодолита, с другой – по шаблону. При имеющейся готовой смежной полосе копирную струну натягивают на стойки, установленные на металлическую лыжу.

Для работы профилировщика оснований копирную струну провешивают с одной стороны.

Схематический план установки копирных струн представлен на рис. 6.3 [9].

Рис. 6.3. Схематический план установки копирных струн:  
 1 – натяжной барабан; 2 – копирная струна; 3 – нивелирная рейка (репер); 4 – кронштейн; 5 – стойка; 6 – трубка; 7 – устраиваемое покрытие или основание; 8 – прорезь для струны

Нивелирные рейки, забиваемые под проектную отметку, являются и высотными реперами, по которым определяется высота провешивания струн и точками, определяющими трассу струны в плане. Нивелирные рейки

на поперечнике устанавливаются так, чтобы их верх находился в одной плоскости с поверхностью покрытия. После установки нивелирных реек возле каждой из них закрепляют металлические стойки-стержни с кронштейнами на струбинах, провешивают на них струны и производят их натяжение с помощью натяжных барабанов. Высотное положение натянутых струн контролируют телескопическим шаблоном.

Работы по установке копирных струн выполняет звено, в состав которого входят: инженер-геодезист – 1; дорожные рабочие: 4-го разряда – 1; 3-го разр. – 1; 2-го разр. – 2; подсобный рабочий 1-го разр. – 1. Звено работает под руководством инженера-геодезиста.

Монолитные цементобетонные покрытия и основания для них могут сооружаться и специальным комплектом машин с рельс-формами, обеспечивающим комплексную механизацию работ при выполнении всех технологических операций. Все машины движутся в направлении строительства искусственного основания или укладки цементобетона аэродромного покрытия по рельс-формам, которые одновременно служат опалубкой для укладываемого бетона. Рельс-формы изготавливают штамповкой из стального листа длиной 4 м и высотой, равной толщине укладываемого слоя цементобетона. Их устанавливают на слой грунта, укрепленного цементом и уплотненного площадным вибратором. Под стыками рельс-форм укладывают бетонные подкладки размером 15 × 20 × 40 см. Рельс-формы монтируют с помощью автокрана на длину укладываемой полосы цементобетона, рассчитанную на двухсменную работу бетоноукладчика. Высотное положение рельс-форм контролируется геодезическими инструментами, а параллельность – шаблоном. Звенья рельс-форм соединяют между собой болтами и крепят к основанию металлическими штырями. Перед началом работы по укладке бетонной смеси рельс-формы должны быть обкатаны наиболее тяжелой машиной комплекта. Обнаруженные осадки устраняют подбивкой основания и подъемом рельс-форм с проверкой их положения нивелиром. Рельс-формы должны опираться на основание всей нижней плоскостью без просветов. Отклонения рельс-форм от проектного положения после обкатки не должны превышать 5 мм. Рельс-формы должны быть очищены от старого бетона и перед укладкой бетонной смеси смазаны с внутренней стороны отработанным маслом.

После укладки бетонной смеси рельс-формы можно снимать не ранее чем через 24 ч. При отделении рельс-форм от бетона следует использовать приспособления, предотвращающие повреждения боковых граней и кромок плит. При транспортировании на новое место транспортными средствами погрузку и разгрузку в них рельс-форм следует производить автокраном. Запрещается перемещать рельс-формы волоком. До начала бетонирования необходимо произвести чистовую профилировку основания на ширину покрытия после установки рельс-форм.

В состав рельсового комплекта бетоноукладочных машин входят: профилировщик основания ДС-502А(Б); распределитель цементобетонной смеси Д-375, ДС-503А(Б), ДС-507; бетоноотделочная машина Д-376,

ДС-504А(Б); нарезчик швов ДС-510; заливщик швов ДС-67, а также платформа Т-138Б и комплект рельс-форм Д-280-4М.

Дополнительно в состав комплекта включают: универсальную бетоноотделочную машину УБМ-7,5; машину для розлива пленкообразующих материалов ЭНЦ-3; нарезчик швов в свежееуложенном бетоне ДНШС-60; комплект для заполнения швов тиоколовыми герметиками; автомобильный кран типа КС-256 Д, К-61М; двухосный прицеп-тягач МТЗ-5 для перевозки рельс-форм.

### **6.3. Арматурные работы при строительстве армированных цементобетонных покрытий**

При строительстве армированных цементобетонных монолитных аэродромных покрытий возникает необходимость в арматурных работах по изготовлению арматурных сеток и каркасов для их армирования.

Железобетонные покрытия армируют каркасом, состоящим из двух сеток, соединенных между собой монтажной арматурой. Конструкция железобетонной плиты аэродромного покрытия показана на рис. 6.4.

Рис.6.4. Конструкция железобетонной плиты аэродромного покрытия [3]:

*a* – план нижней и верхней арматурных сеток; *б* – монтажная арматура;  
*в* – бетонная подкладка; *г* – схема установки каркасов; *1* – сетка верхняя 1-В (две на плиту); *2* – сетка верхняя 2-В (три на плиту); *3* – сетка нижняя 2-Н (три на плиту); *4* – сетка нижняя 1-Н (две на плиту); *5* и *6* – монтажная арматура; *7* – бетонная подкладка; *8* – каркас 1; *9* – каркас 2

Размеры сеток монтажной арматуры и размещение арматурных каркасов в теле железобетонной плиты аэродромного покрытия, а также толщины защитных слоев бетона определяется проектом. Каждый каркас состоит из

двух сварных сеток (нижней и верхней) и монтажной арматуры, определяющей проектное положение сеток в каркасе.

При изготовлении арматурных сеток каркасов следует, как правило, применять контактную сварку. Электродуговая сварка и вязка допускается, как исключение, при соблюдении требований действующих строительных норм и правил "Несущие и ограждающие конструкции" (СНиП 3.03.01-87). В арматурных сетках каркасов обязательно сваривают все узлы в двух крайних рядах, остальные узлы свариваются через один в шахматном порядке. Стыкование каркасов осуществляется внахлестку с длиной нахлеста равной 30 диаметрам арматуры. В местах стыковки стержни каркасов после их установки соединяют вязальной проволокой. Стыки каркасов можно также осуществлять и электродуговой сваркой. В этом случае длина нахлеста должна быть не менее 10 диаметров свариваемых стержней. Значительное количество арматурных стержней диаметром 20-25 мм длиной 40-60 см расходуется на устройство стыковых соединений плит.

Во всех случаях арматурные работы начинаются с заготовки стержней необходимого диаметра и длины. Арматурные стержни, поставляемые на завод железобетонных изделий или на арматурный двор объекта строительства, подлежат освидетельствованию их сертификатов и соответствию проектным требованиям. В случае их адекватности выполняются следующие работы:

- заготовка стержней (правка и чистка, разметка и резка, стыковка);
- гибка стержней;
- сварка сеток и каркасов.

Все эти операции проводятся на выпускаемых отечественной промышленностью или импортных станках. Сварка сеток производится с помощью кондукторов.

Сварку сеток в каркасы можно производить электродуговой сваркой, но при этом нельзя допускать пережоги стержней.

Ширину сеток и каркасов, изготавливаемых на арматурном дворе, принимают равной ширине бетонируемой полосы с учетом необходимого зазора, а длину – 6-7 м, исходя из длины стержней, поставляемых на стройку, и удобств транспортировки.

Арматурные сетки и каркасы к месту строительства транспортируют на трейлерах, оборудованных специальной рамой. Рама должна иметь соответствующие размеры и жесткость, обеспечивающие перевозку каркасов без образования в них остаточных деформаций, превышающих 20 мм. Для предотвращения нежелательных деформаций при перевозке каркасов между рядами каркасов укладывают доски на расстоянии 1-1,5 м между ними. Каркасы устанавливают в проектное положение с помощью автокранов и специальных траверс, позволяющих захватить каркас или отдельную сетку в 6-10 точках. Установка каркасов производится на предварительно разложенные по шаблону подкладки размерами 20 × 20 × 3 см, изготовленные из мелкозернистого бетона, прочность которого равна прочности бетона покрытия. Подкладки устанавливают в местах расположения монтажной арматуры.

Армобетонные покрытия армируют сеткой, размещенной в теле плиты покрытия на расстоянии  $1/3-1/4$  толщины плиты от её поверхности. Пример армирования плиты армобетонного аэродромного покрытия представлен на рис. 6.5.

Рис. 6.5. Армирование плиты армобетонного аэродромного покрытия:  
*a* – арматурная сетка в плане; *б* – схема раскладки сеток в плите в плане в порядке очередности *I, II, III*; *в* – армирование сетки; *г* – монтажный каркас;  
*1* – продольные стержни каркаса  $d = 10$  мм; *2* – хомут каркаса (шаг – 80 см);  
*3* – шпилька  $d = 10$  мм длиной 40 см (шаг – 15 см); *4* – монтажные каркасы (шаг 1,0-1,5 м)

Стыкование отдельных сеток между собой выполняется внахлестку вязальной проволокой или с частичной сваркой. Длина нахлеста сеток из стержней периодического профиля в поперечном направлении плиты должна быть не менее 15 диаметров стержней, а в продольном направлении – 30 диаметров. Сетки соединяются с монтажными каркасами вязальной проволокой.

В армобетонных плитах верхнего слоя двухслойных покрытий сетки устанавливаются на нижний слой покрытия посредством V-образных арматурных монтажных элементов, привариваемых к сеткам по всей их площади через 1,5-1,75 м друг от друга. Для придания арматуре пространственной жесткости указанные элементы располагают в шахматном порядке. Для обеспечения неподвижности сеток поперек плиты через каждые 2-2,5 м к ним приваривают коротыши диаметром 10 мм до упора их в рельс-формы и боковые грани ранее забетонированных плит. По длине плиты поперечные стыки сеток следует располагать вразбежку на расстоянии не менее 1 м друг от друга. Вместо монтажных каркасов, устанавливаемых на песчаных или песчано-гравийных искусственных основаниях, в качестве монтажной арматуры можно использовать монтажные стойки, располагаемые в шахматном поряд-

ке из расчета одна стойка на  $0,5 \text{ м}^2$  арматурной сетки, когда искусственные основания выполнены из других материалов.

Армирование бесшовных (непрерывно-армированных) аэродромных покрытий осуществляют сварными сетками (если они армируются по типу армобетонных покрытий (рис. 6.5, а) или каркасами (если они армируются по типу обычных железобетонных покрытий) (рис. 6.5, б). Размеры арматурных сеток и каркасов определяются условиями изготовления и транспортирования, а также шириной захвата бетоноукладчика или кратными ей за вычетом толщины защитного слоя. Непрерывность армирования таких аэродромных покрытий осуществляется перепуском (нахлестом) стыкуемых сеток каркасов на длину не менее 30 диаметров рабочей арматуры. Фиксирование арматурных сеток или каркасов в проектном положении осуществляется применением бетонных подкладок, арматурных стержней, треугольных пространственных каркасов или отдельных стоек с подвеской.

Отклонение высотного положения арматуры от проектного по высоте покрытия должно быть не более 0,5 см при обязательном сохранении минимальной толщины защитного слоя.

Установленная в проектном положении арматура не должна отклоняться от него в процессе укладки и уплотнения бетонной смеси при формировании аэродромного покрытия.

#### **6.4. Транспортирование, укладка и уплотнение бетонной смеси**

Цементобетонные монолитные аэродромные покрытия следует устраивать комплектами высокопроизводительных машин со скользящими формами, а также комплектами машин на рельсовом ходу в случае целесообразности их использования.

Приготовление бетонной смеси необходимо осуществлять на автоматизированных бетонных заводах циклического или непрерывного действия. Приготовление бетонной смеси должно обеспечивать требуемый объем вовлеченного воздуха с учетом продолжительности её транспортирования от бетонного завода к месту укладки. При использовании высокопроизводительного бетоносмесителя гравитационного перемешивания циклического действия продолжительность перемешивания бетонной смеси устанавливается опытным путем, но должна быть не менее 90 с.

Мелкозернистые (песчаные) бетонные смеси необходимо приготавливать только в бетоносмесителях с принудительным перемешиванием.

Для максимально-эффективного использования комплекта бетоноукладочных машин и получения бетона однородного состава смесь должна выпускаться равномерно и непрерывно в течение смены. Количество транспортных средств для её доставки к месту укладки следует устанавливать и корректировать в зависимости от дальности ездки и с учетом полной загрузки комплекта машин, используемых для строительства покрытия.

Подвижность бетонной смеси с учетом времени транспортирования к месту укладки и температуры воздуха не должна превышать более чем на 1-2 см значений, указанных в ГОСТе на дорожный бетон.

Бетонную смесь следует транспортировать в автобетоновозах или автомобилях-самосвалах. Кузова автомобилей-самосвалов должны быть водонепроницаемыми, иметь исправные затворы и гладкую поверхность, а также приспособления для защиты бетонной смеси от высыхания или увлажнения атмосферными осадками. Продолжительность транспортирования бетонной смеси ориентировочно может быть принята не более 30 мин при температуре воздуха от 20 до 30° С и 1 ч при температуре воздуха ниже 20° С. Расслоение и загрязнение бетонной смеси в процессе её транспортирования не допускается. Сразу же после выгрузки бетонной смеси из бетоновозов или автомобилей-самосвалов кузова необходимо тщательно очистить и промыть водой под напором. Для движения автомобилей-самосвалов и бетоновозов целесообразно использовать ранее уложенные полосы покрытия, если они набрали прочность не менее 60 % проектной. Для их въезда на покрытие и съезда с него предусматривается устройство пандусов или каменной отмостки. Движение автомобилей по поверхности искусственного основания допускается лишь в тех случаях, когда на нём не остается колес от проезда. В противном случае поверхность искусственного основания должна быть защищена металлическими щитами или железобетонными плитами.

Бетонирование покрытия или искусственного основания без специальных противоморозных мероприятий разрешается при среднесуточной температуре воздуха не ниже 5° С и минимальной суточной его температуре не ниже 0° С. Бетонировать покрытия и искусственные основания для них при максимальной суточной температуре воздуха выше 30° С, относительной влажности воздуха менее 50 % следует, как правило, в вечерние часы или ночью, а, в случае необходимости, и в дневное время, но по специально разработанной технологии. Запрещается укладка цементобетона в дождь, снег и при пыльных бурях.

До начала работ по устройству оснований или покрытий необходимо проверить:

- готовность подъездов для подачи бетонной смеси к месту укладки;
- готовность бетонного завода и комплекта машин к работе;
- наличие поверхностных и глубинных вибраторов для дополнительного уплотнения бетонной смеси около прокладок швов расширения, у рельсформ, уплотнения контрольных образцов;
- наличие инструментов и приспособлений для исправления кромок и боковых граней покрытия после прохода машин со скользящими формами, разделки швов в свежеложенном бетоне; контрольных реек для проверки ровности покрытия, шаблонов для выравнивания покрытия и удаления цементного молока при устройстве покрытий комплектом машин на рельс-формах.

- наличие основных и вспомогательных материалов для своевременного и бесперебойного ухода за свежееуложенным бетоном и защиты его от атмосферных воздействий.

До начала устройства покрытия или основания из цементобетона следует проводить пробное бетонирование в определенном месте (вне пределов аэродромных сооружений) комплектом бетоноукладочных машин по заданному режиму бетонирования с использованием рабочего состава. При этом следует оценить: соответствие технологических свойств бетонной смеси заданным; качество её уплотнения и отделки поверхности покрытия; устойчивость кромок и боковых граней покрытия, устраиваемого в скользящих формах; припуск бетонной смеси на её уплотнение; настройку рабочих органов бетоноукладчика.

Перед началом укладки бетонной смеси необходимо проверить:

- правильность провешивания копирных струн (если они используются);
- правильность установки рельс-форм, надежность крепления стыковых соединений отдельных звеньев и наличие смазки боковых стенок форм;
- надежность крепления закладных элементов в конструкциях швов расширения, штырей поперечных швов сжатия и продольных швов, а также арматурных сеток (если они используются).

При использовании высокопроизводительных комплектов машин со скользящей опалубкой для устройства цементобетонных аэродромных покрытий с целью повышения эффективности их использования и бесперебойной работы необходимо своевременно и оперативно обеспечивать строительство необходимыми материально-техническими ресурсами. Для этого все звенья строительного производства должны быть обеспечены современными средствами связи.

Участок работ по укладке искусственного основания и цементобетонного покрытия должен быть обеспечен необходимой технической и проектной документацией, в том числе по организации и технологии строительного производства.

*Распределение* бетонной смеси по ширине полосы её укладки можно осуществлять распределителем бетона ДС-99 (ДС-109), распределителем-перегрузателем бетонной смеси Gomaco PS-2600 или PS-4000, боковым загрузчиком Wirtgen ISF.

Если движение транспортных средств по поверхности основания аэродромного покрытия не допускается, если на поверхности основания уложены арматурные сетки или каркасы, если покрытие устраивается в два слоя, то при доставке бетонной смеси автомобили самосвалы и бетоновозы должны двигаться по обочинам к месту выгрузки. Доставленная смесь выгружается в бункер-транспортер распределителя бетона ДС-99 (ДС-109), выдвигающийся на обочину, а затем распределяется им по ширине покрытия. Технологический разрыв (в этом случае) между распределителем бетона и бетоноукладчиком ДС-101 (ДС-111) должен быть не менее 30 м. В жаркую погоду это расстояние уменьшают до 10-15 м. В любом случае технологический разрыв



должен обеспечивать непрерывность бетонирования, качество и безопасность работ.

Если движение автосамосвалов и бетоновозов по поверхности основания допускается и возможна выгрузка бетонной смеси на его поверхность, то распределение бетонной смеси можно осуществлять бетоноукладчиком ДС-101 (ДС-111). В таком случае распределитель бетона ДС-99 (ДС-109) в состав отряда машин не включается, поскольку его производительность гораздо ниже производительности бетоноукладчика ДС-101 (ДС-111).

При устройстве покрытия машинами со скользящими формами предварительное распределение бетонной смеси распределителем при ширине полосы укладки, равной 7,5 м следует осуществлять на ширину 7,3-7,35 м. Бетонную смесь нужно распределять с учетом припуска на уплотнение. В начале смены или после длительных перерывов в бетонировании при распределении смеси следует установить припуск 5-7 см при проектной мощности покрытия 22-30 см. Указанный припуск должен быть выдержан на участке бетонирования длиной 10-15 м, после чего его следует уменьшить до 3-5 см.

Выгрузку бетонной смеси в бункер рельсового распределителя ДС-503 следует производить над распределенным слоем бетона. В этом случае припуск рекомендуется применять равным 2-3 см. При необходимости его величину корректируют в процессе укладки.

При распределении цементобетонной смеси нельзя допускать нарушение проектного положения арматурных сеток и каркасов, стыковых соединений.

*Уплотнение* бетонной смеси и отделку поверхности покрытия высокопроизводительными машинами со скользящими формами ДС-101 (ДС-111) типа "Автогрейд", а также бетоноукладчиками Gomaco и Wirtgen на гусеничном ходу следует начинать немедленно вслед за её распределением и заканчивать после её отделки до начала схватывания бетона.

При использовании отечественного комплекта бетоноукладочных машин типа "Автогрейд" следует руководствоваться инструкцией по их эксплуатации, а также действующими нормативными документами - строительными нормами и правилами и инструкциями по строительству цементобетонных покрытий автомобильных дорог.

Бетоноукладчик типа "Автогрейд" имеет оборудование, состоящее из семи рабочих органов, размещенных на передней, средней (главной) и задней его рамах (рис. 6.6).

На передней раме бетоноукладчика ДС-101 размещены: шнек; первичный дозирующий брус; амортизирующие подвески глубинных вибраторов; глубинные вибраторы; поперечная траверса глубинных вибраторов.

Шнек служит для перемешивания и распределения смеси по ширине полосы бетонирования. Он состоит из двух половин длиной 3,65 м каждая. Лопастей шнека направлены в разные стороны. Первичный дозирующий брус регулирует толщину укладываемого слоя цементобетона с учетом его осадки при дальнейшем его уплотнении глубинными вибраторами. Он состоит из двух секций, которые приводятся в движение четырьмя гидроцилиндрами,

находящимися в передней части рамы бетоноукладчика. За первичным дозирующим брусом находится поперечная траверса с навешенными на неё на амортизирующих подвесках глубинными вибраторами в количестве 14 штук. Частота колебаний этих вибраторов равна 180 Гц, а амплитуда колебаний – 1,2 мм.

Рис. 6.6. Схема размещения рабочих органов бетоноукладчика ДС-101:

1 – шнековый распределитель бетонной смеси, состоящий из двух независимых реверсивных частей; 2 – дозирующий брус, регулирующий толщину укладываемой бетонной смеси с учетом осадки при её уплотнении; 3 – глубинные вибраторы (15 шт.) для предварительного уплотнения смеси; 4 – профилирующий вибробрус; 5 и 6 – первичный и вторичный уплотняющие вибробрусья с механизмом поперечного качания; 7 – кромкообразователь и выглаживающая плита

На средней раме бетоноукладчика находятся: вторичный дозирующий калибровочный брус с четырьмя электромагнитными вибраторами, приводимый в движение по вертикали. Частота колебаний электромагнитных вибраторов равна 60 Гц, а амплитуда колебаний – 0,02 мм; первичный качающийся экструзионный брус; вторичный качающийся экструзионный брус.

Вторичный дозирующий калибровочный брус предназначен для окончательной дозировки цементобетонной смеси и её уплотнения. Брус может опускаться и подниматься с помощью гидроцилиндров.

Первичный и вторичный качающиеся экструзионные брусья коробчатого сечения качаются в противофазе (до 85 качаний в минуту). Они предназначены для первоначального формирования профиля поверхности цементобетонного покрытия.

На задней раме расположены кромкообразователь с разравнивающей плитой и регулируемой опорной рамой; выглаживающая плита.

Кромкообразователь расположен позади каждой боковой скользящей формы. Он образует и отделяет кромки цементобетонного покрытия, срезая излишки бетона с кромок плиты.

Выглаживающая плита служит для окончательной отделки поверхности цементобетонного покрытия. Она состоит из двух стальных выглаживающих плит с гладкими днищем и слегка выгнутыми выглаживающими кромками.

На обоих вибробрусках и на первичном и вторичном разравнивающих брусках находятся индикаторы уровня, позволяющие контролировать положение рабочих органов в процессе их установки в рабочее положение.

Настройку (наладку) рабочих органов бетоноукладчика осуществляют в два этапа: предварительный и окончательный.

В процессе предварительной настройки рабочих органов бетоноукладчика (рис. 6.5) необходимо:

- первичную дозирующую заслонку устанавливать на 3-4 см выше низа боковых рам (проектной отметки поверхности покрытия);
- глубинные вибраторы устанавливать при полностью выдвинутом штоке гидроцилиндра траверсы, как правило, в средней по толщине устраиваемого покрытия плоскости;
- вторичную дозирующую заслонку (вибробрус) устанавливать на 0,5-1 см выше поверхности покрытия;
- первичный качающийся брус устанавливать на 0,3-0,4 см выше проектной отметки поверхности покрытия с углом наклона, равным  $1-2^\circ$ ;
- вторичный качающийся брус устанавливать на 0,1-0,3 см выше отметки поверхности покрытия с углом наклона  $1^\circ$ ;
- выглаживающую плиту регулировать винтами по шнуру с поднятием передней части на 3-5 см.

В качестве скользящей опалубки следует, как правило, применять универсальные скользящие формы.

Высота скользящей опалубки (неуниверсальных скользящих форм) и опалубки кромкообразователя должна быть на 5-15 мм меньше толщины укладываемого слоя бетона.

Кромкообразующий узел следует настраивать с учетом остаточных деформаций свежесформованного бетона после прохода бетоноукладчика со скользящими формами.

Расстояние между боковыми формами (опалубками) кромкообразователя должно быть на 2-4 см меньше проектной ширины укладываемой полосы. Край кромкообразующего узла должен быть приподнят на 1-3 см выше поверхности покрытия.

Окончательная настройка рабочих органов бетоноукладчика производится в процессе пробного бетонирования покрытия цементобетонной смесью рабочего состава.

Перед пуском бетоноукладчика приподнимают его боковые формы, кромкообразователи и глубинные вибраторы. После этого включают передний ход бетоноукладчика. Когда бетоноукладчик пройдет 5-7 м опускают боковые формы и кромкообразователи в рабочее положение и в процессе работы машины на малой скорости тщательно контролируют геометрические параметры, ровность поверхности и качество кромки свежесформованного цементобетонного покрытия, осуществляя окончательную настройку рабочих органов по индикаторам уровня с пульта управления бетоноукладчика. Далее оператор переводит работу бетоноукладчика на рабочую скорость и автоматический режим его работы.

В случае выявленных отклонений от нормы следует произвести дополнительную регулировку рабочих органов бетоноукладчика.

При использовании бетоноукладчиков зарубежного производства необходимо руководствоваться соответствующими инструкциями и указаниями по их эксплуатации.

Бетоноукладчики типа "Автогрейд" ДС-101 (ДС-111) имеют необходимые рабочие органы для обеспечения уплотнения бетона и формирования плиты покрытия скользящей опалубкой с точностью, удовлетворяющей требованиям проекта, благодаря системе непрерывного семиступенчатого дозирования бетонной смеси.

Качество уплотнения бетонной смеси глубинными вибраторами и виброформования плит цементобетонного покрытия зависит от соответствия подвижности или жесткости бетонной смеси скорости движения бетоноукладчика.

В соответствии с указаниями СНиП по производству и приемке работ по строительству автомобильных дорог при устройстве цементобетонных покрытий комплектом машин со скользящей опалубкой показатели подвижности или жесткости бетонной смеси перед её уплотнением выбираются с учетом принятой скорости бетоноукладчика и должны соответствовать данным табл. 6.1.

**Таблица 6.1. Показатели подвижности и жесткости цементобетонной смеси при принятой скорости движения бетоноукладчика со скользящими формами**

Скорость бетоноукладчика, м/мин	Подвижность (осадка конуса), см	Жесткость, с
$\leq 2$	$(1 - 3) / 2$	8 - 10
2 - 2,5	$(2 - 4) / 3$	5 - 8
2,5 - 3	$(3 - 5) / 4$	3 - 5

**П р и м е ч а н и е.** Перед чертой указаны допускаемые пределы подвижности цементобетонной смеси, за чертой – среднее значение

Для обеспечения высокого качества цементобетонного покрытия бетоноукладчик должен перемещаться безостановочно с постоянной скоростью, включенные глубинные вибраторы должны быть полностью погружены в бетонную смесь. Нормальное виброуплотнение бетонной смеси характеризуется интенсивным её "кипением", сопровождающимся активным выделением пузырьков воздуха.

Сплошность поверхности уплотненной бетонной смеси вибробрусом с электромагнитными вибраторами обеспечивается наличием валиков бетонной смеси перед качающимися брусками высотой 20-25 см для первичного и 10-15 см для вторичного. Эффективный радиус действия вибраторов, установленных на бетоноукладчике, составляет 25-30 см. Поэтому на общей траверсе закрепляют 14 вибраторов с интервалом 40-50 см в положении, близком к горизонтальному. Крайние вибраторы устанавливаются в 15-20 см от скользящей формы. Для раскладки и вдавливания в цементобетон арматурных стержней в продольный шов покрытия бетоноукладчик оборудован спе-

циальным устройством. В устройстве имеется две штанги, предназначенные для автоматического вдавливания стержней. Устройство обслуживается одним рабочим, укладывающим стержни в пазы штанг.

При движении бетоноукладчика стержень выходит из паза на конце вдавливающей штанги, а штанга после вдавливания его в цементобетон отводится назад для приема очередного стержня.

При армировании продольного шва глубинный вибратор в зоне вдавливания стержней должен быть установлен перпендикулярно оси аэродромного сооружения.

Для устройства однослойных цементобетонных покрытий и виражей на РД с верховой стороны предусматривают дополнительный припуск бетонной смеси с помощью рабочих органов распределителя бетона или бетоноукладчика.

В случае бетонирования аэродромного покрытия, армированного сварной сеткой из стержней периодического профиля диаметром более 8 мм, уложенной на подкладки, глубинные вибраторы при уплотнении бетонной смеси следует поднять на 5-7 см выше арматуры так, чтобы вибраторы постоянно находились в бетонной смеси.

При приближении вибраторов бетоноукладчика к заданным элементам, когда расстояние до них будет равно 30-40 см, следует их поднять в крайне верхнее положение, а после прохождения шва их опускают в исходное положение.

Укладка цементобетона бетоноукладчиком в автоматическом режиме постоянно контролируется оператором бетоноукладчика, который при необходимости регулирует работу всех рабочих органов машины с пульта управления. Сигнальные лампы и индикаторы уровня информируют оператора о работе двигателя, гидросистем, электрооборудования, показывают ему относительное положение рабочих органов. В процессе работы бетоноукладчика постоянно контролируется по приборам ширина и толщина покрытия.

Вертикальная грань и кромка покрытия формируется четырьмя рабочими органами: боковыми скользящими формами, открьлками вибробрусев, кромкообразователем и отделяющим брусом. Первоначально кромка плиты заданной толщины формуется боковыми формами скользящей опалубки. Открьлки вибробрусев создают излишек цементобетонной смеси по краям бетонируемой полосы покрытия, необходимой для предотвращения просадки кромок. Полностью готовую вертикальную ровную, гладкую и устойчивую кромку покрытия создает кромкообразователь, а отделяющий брус выглаживает краевые участки полосы покрытия под проектную отметку.

При бетонировании неармированного покрытия в один слой бетоноукладчиком со скользящими формами толщина слоя не должна превышать 45 см. В этом случае устойчивость боковых граней и кромок покрытия толщиной до 30 см обеспечивается подбором бетонной смеси требуемой жесткости, скорости бетоноукладчика и регулировкой кромкообразующего узла бетоноукладчика.

Устойчивость боковых граней и кромки покрытия толщиной более 30 см обеспечивается с помощью сборной облегченной инвентарной опалубки или краевого армирования объемными арматурными каркасами.

Чистовую (окончательную) отделку поверхности цементобетонного покрытия осуществляют сразу же по завершении работы бетоноукладчика на данном участке. Эту работу выполняют бетоноотделочные машины (трубчатые финишеры). В комплекте бетоноукладочных машин ДС-101 (ДС-111) такой машиной является ДС-104 (ДС-104А) на пневмоколесном ходу. Её основным рабочим органом являются две диагонально расположенные легкие дюралевые трубы длиной 12 м каждая, диаметром 0,243 м. Машина работает челночным способом, совершая проходы вперед и назад, выглаживая при этом отделываемую поверхность цементобетона. Покрытие следует отделывать, как правило, не менее чем за три прохода машины. На первом проходе выглаживающие трубы устанавливаются так, чтобы их концы располагались вблизи кромок в 10-20 см от них. На втором проходе трубы разворачивают в противоположное направление. Последний проход машины осуществляется при диагональном расположении труб, выходящих за пределы кромок покрытия на 12-15 см

Шероховатость цементобетонного покрытия следует обеспечивать путем обработки свежеложенного цементобетона вначале влажной мешковиной, а затем щетками или дисковой накаткой.

Направление бороздок на поверхности бетона должно быть, как правило, перпендикулярно оси покрытия. Фактура обработанного покрытия должна быть однородной. Для создания шероховатости, вслед за чистовой отделкой поверхности покрытия трубчатым финишером, запускается в работу распределитель пленкообразующих материалов ДС-105, используемый как для образования фактуры (шероховатости) на поверхности свежеложенного цементобетона, так и для распределения пленкообразующей жидкости с целью ухода за ним. При этом машина должна работать в циклическом режиме на захватке длиной 3 м.

При необходимости защиту свежеложенного бетона от атмосферных осадков в процессе бетонирования следует осуществлять рулонной пленкой шириной 8 м, закрепляемой на машине для нанесения пленкообразующих материалов.

При использовании комплекта машин на рельсовом ходу для распределения, укладки, уплотнения и ухода за свежеложенной цементобетонной смесью в искусственное основание или собственно покрытие распределение бетонной смеси осуществляется бункерными распределителями Д-375, ДС-503А (ДС-503Б), ДС-507 (Д-664), предназначенными для распределения и предварительного уплотнения бетонной смеси на полосе, шириной до 7,5 м. Для распределения бетонной смеси распределителем бетона Д-375 (ДС-503Б) используется распределительный бункер, распределяющий бетонную смесь по основанию, перемещаясь поперек укладываемой полосы. Регулируя высоту бункера, изменяют толщину укладываемого слоя бетонной смеси.

Необходимый припуск толщины уплотненного слоя бетонной смеси по сравнению с проектной определяют опытным путем в зависимости от скорости распределителя и подвижности бетонной смеси. При осадке конуса 2-3 см этот припуск принимают равным 2-3 см. Бетонораспределитель Д-375 (ДС-503Б) применяют для устройства покрытий одно- и двускатного профиля толщиной не менее 8 см. Более эффективное распределение бетонной смеси перед её обработкой бетоноукладчиком происходит при использовании шнекового распределителя ДС-507, способного распределять и предварительной уплотнять бетонную смесь на полосе шириной до 7-7,5 м. Основной рабочий орган этой машины – реверсивный шнек, состоящий из двух половин с независимыми приводами. Перед шнеком расположены два отвала для срезания излишков смеси и её равномерного распределения. Шнек и отвалы устанавливаются по высоте гидроприводом. Для предварительного уплотнения распределенной бетонной смеси служит вибробрус коробчатого сечения с установленными на нем шестью механическими вибраторами.

Дальнейшее уплотнение бетонной смеси и отделка покрытия выполняется передвигающимися по рельс-формам бетоноотделочными машинами Д-376 (ДС-504). Эта машина снабжена тремя рабочими органами: уплотняющим лопастным валом, вибробрусом или выглаживающим брусом (рис. 6.7). В передней части машины размещен лопастью уплотняющий вал 1 с лопастями, загнутыми назад (по ходу). Вращаясь, лопасти ударяются о бетонную смесь и частично смещают её и утрамбовывают. За валом 1 следует коробчатый вибробрус 4, который, вибрируя и совершая качательные движения по ходу машины, производит окончательное уплотнение бетона.

Рис. 6.7. Бетоноотделочная машина на рельсовом ходу Д-376:

- 1 – уплотняющий вал с лопастями; 2 – колеса; 3 – рама; 4 – вибробрус;  
5 – выглаживающий брус; 6 – маховики подъемных механизмов; 7 – двигатель; 8 – тент; 9 – винт подъема рамы; 10 – сиденье оператора

Выглаживающий брус машины 5 состоит из двух брусьев: переднего вибрационного и заднего выглаживающего. Оба они совершают качательные движения поперек укладываемой полосы цементобетона по его поверхности. При этом поверхность уложенного и уплотненного цементобетона выравнивается и выглаживается. Покрытие отделывают за один-два прохода по одному месту при движении машины вперед. На обратном ходу машину под-

нимают в транспортное положение. В качестве опоры используют ходовые колеса 2.

Перед началом работы машины Д-376 необходимо правильно установить её рабочие органы по высоте относительно друг друга. Это высотное регулирование осуществляется подъемными механизмами, приводимыми в действие вручную посредством маховиков 6.

При этом следует:

- лопастью вал 1 устанавливать так, чтобы края лопастей при вращении были на уровне поверхности распределенной бетонной смеси с учетом допуска на уплотнение;
- заднюю кромку уплотняющего бруса 4 установить на уровне головки рельс-форм. При этом указатель на шкале степени подъема рамы должен быть в нулевом положении;
- обеспечить строгую параллельность нижних кромок уплотняющих и выглаживающих брусьев. Эти брусья устанавливают под углом напользания, подбираемым опытным путем.

При правильной настройке рабочих органов машины Д-376 наблюдаются следующие признаки: в процессе работы перед уплотняющим вибробрусом должен создаваться равномерный валик бетонной смеси высотой 8-10 см, а перед выглаживающими – валик высотой 1-3 см.

Если перед выглаживающим вибробрусом образуется слишком большой валик бетонной смеси, то следует слегка опустить уплотняющий вибробрус. Если же и после этого перед уплотняющим вибробрусом накапливается излишек смеси, то следует опустить также лопастью вал и уменьшить припуск на уплотнение, установленный для распределителя бетона.

Если необходимо уплотнить бетон и отделать покрытие за два прохода машины по одному следу, то при втором проходе не следует включать механизм вертикального качания уплотняющего бруса, а переднюю его кромку нужно приподнять на 2-3 см и зафиксировать в таком положении.

После окончания работы бетоноукладчика поверхность цементобетонного покрытия не должна иметь раковин и неровностей. В противном случае раковины следует заполнить бетонной смесью и выполнить повторный проход бетоноукладчика по дефектному участку покрытия. Уплотнение бетона и отделку его поверхности следует производить участками длиной не менее 12-15 м, не допуская остановок бетоноотделочной машины с невыключенными вибраторами во избежание дефектов поверхности покрытия.

При использовании длиннобазовой отделочной машины на рельсовом ходу ДБО-7,5 уплотнение бетонной смеси и отделку поверхности покрытия можно выполнять за один проход при условии её нормального функционирования.

После завершения процессов уплотнения и отделки поверхности покрытия следует придать ей шероховатость, используя проволочные или капроновые щетки длиной 0,8 м и шириной 0,15 м с четырьмя рядами пучков проволоки или капрона длиной 10-12 см. Образованные отрезки на поверх-



ности цементобетона должны быть направлены перпендикулярно оси покрытия, а фактура его поверхности должна быть однообразной.

В процессе устройства цементобетонного покрытия необходимо систематически контролировать ровность его поверхности в продольном и поперечном направлениях, используя для этого металлическую рейку длиной 3 м. Неровности ликвидируют дополнительными проходами бетоноотделочной машины на дефектных участках. Если неровности невелики, то их исправляют при помощи шаблона, используя мостки, передвигающиеся по рельс-формам. Во всех случаях запрещается добавлять в бетонную смесь воду при отделке поверхности.

Устройство двухслойных цементобетонных покрытий по методу сращивания слоев рельсовым комплектом машин следует производить с использованием двух распределителей бетона. При этом разрыв во времени между укладкой нижнего и верхнего слоев при температуре воздуха 5-20° должен быть не более 60, при температуре 20-25° – 45, а при температуре 25-30° С – 30 мин.

Работы по строительству участка двухслойного покрытия следует завершать из расчета укладки верхнего и нижнего слоев одновременно.

Строительство двухслойного покрытия с использованием двух распределителей с боковой загрузкой бетона ведут в такой последовательности: первый распределитель распределяет бетонную смесь нижнего слоя покрытия, опережая второй распределитель бетона, распределяющий бетонную смесь более высокого класса прочности верхнего слоя на 15-20 м. Бетонную смесь нижнего слоя распределяют на 2-3 см выше его проектной толщины. Его можно уплотнять бетоноотделочной машиной, рабочие органы которой опущены ниже рельс-форм, площадочными вибраторами или виброрейками.

Толщину укладки верхнего слоя двухслойного покрытия определяют в результате пробного уплотнения бетоноотделочной машиной в начале её работы. Обычно цементобетон этого слоя распределяют на 2-3 см выше проектной поверхности покрытия. Его уплотняют и отделывают бетоноотделочной машиной так же как и однослойное покрытие.

В местах уширения покрытий, на закруглениях РД, на площадках, примыкающих к перронам, МС покрытия следует устраивать с использованием малой механизации. Допускается применять площадочные вибраторы и виброрейки, если толщина укладываемого слоя цементобетона не превышает 20 см.

После уплотнения бетонной смеси площадочными вибраторами отделку поверхности допускается выполнять с помощью виброреек и её выглаживанием брезентовыми или резиновыми лентами. Уплотнение бетонной смеси площадочными вибраторами следует выполнять прямыми непрерывными полосами с перекрытием на 5-10 см. Скорость перемещения площадочных вибраторов не должна превышать 0,6 м/мин. Уплотнение бетонной смеси можно считать законченным, если на её поверхности появилось цементное молоко.

Высокопроизводительные машины нового поколения Gomaco и Wirtgen позволяют укладывать и обрабатывать бетонную смесь толщиной свыше 45 см, производить укладку бетона на полосе шириной более 15 м, производить бетонирование закругленных участков аэродромных покрытий. Укладывать одновременно нижний и верхний слой двухслойного основания из бетона разного класса прочности [1].

Строительство цементобетонных покрытий следует производить комплектами машин с соблюдением всех правил строительства монолитных цементобетонных покрытий, изложенных в [22], [12]. При малых объемах работ, а также при строительстве оснований для покрытий, устраиваемых в узлах сопряжений аэродромных сооружений с плитами нестандартных размеров и неправильной конфигурации и т. д. следует применять виброрейки, площадочные вибраторы, а также литые самоуплотняющиеся бетонные смеси, приготавливаемые в автобетоносмесителях. Такие смеси можно использовать на участках, продольный и поперечный уклон которых не превышает 3 %. Ширина полосы бетонирования не должна превышать 4 м [19].

При строительстве искусственных оснований из тяжелого и мелкозернистого бетона поперечные и продольные швы сжатия следует создавать в свежееуложенном бетоне машиной ДНШС-60, входящей в комплект бетоноукладочных машин. Верх прокладок из изола или других материалов в швах должен быть срезан перед строительством покрытия вровень с поверхностью бетона.

При строительстве бетонного основания с применением поверхностных вибраторов и виброреек и литого бетона необходимо применять опалубку из швеллеров, рельс-форм и деревянных досок толщиной 50 мм. Опалубку следует устанавливать согласно проекта с использованием нивелира и прочно её закреплять для получения требуемой толщины и ровности боковых граней и кромок основания. Уход за свежееуложенным бетоном должен производиться сразу же после отделки поверхности с помощью пленкообразующих материалов.

Искусственные основания аэродромных покрытий или их конструкционные слои нередко выполняют из тощего бетона. Он представляет собой разновидность дорожного цементобетона с низким расходом цемента и повышенной жесткостью смеси. От каменных материалов, обработанных цементом в смесительной установке, тощий бетон отличается тщательно подобранным гранулометрическим составом заполнителей и наличием добавок поверхностно-активных веществ (ПАВ). Благодаря такому подбору заполнителей, введению ПАВ, точного дозирования всех компонентов тощий бетон имеет более высокую прочность, чем укрепленные грунты и каменные материалы при примерно одинаковом и даже меньшем расходе цемента, что является его преимуществом. Для укладки распределения и уплотнения тощего бетона применяют те же машины, что и для устройства оснований из укрепленных грунтов. На небольших участках (площадью менее 100 м<sup>2</sup>), где применение укладочных машин затруднительно, используют средства малой механизации, а его уплотнение производится моторными катками: сначала лег-

кими, массой 5-6 т, а затем тяжелыми, массой 10 и 15 т. Для улучшения физико-механических свойств тощего бетона в него вводят тонкодиспергированную битумную эмульсию (битум БНД-40/60 – 50 %; вода – 18,5 %; эмульгатор (сульфитно-дрожжевая бражка) – 1,5 %). Битумную эмульсию в бетонную смесь вводят одновременно вместе с водой в количестве 30-40 % массы бетона. Смесь тощего бетона приготавливают на бетонных заводах, оборудованных бетономешалками свободного падения и весовыми дозаторами компонентов. Время перемешивания смеси – 150-180 с. Смесь должна быть доставлена к месту укладки не более чем за 60 мин.

Тощий бетон, как и другие виды бетонов невысокого класса прочности, отличается относительно высокой прочностью на растяжение при изгибе по сравнению с пластичными бетонами более высокого класса прочности. Если отношение прочности при сжатии к прочности при изгибе для тощих бетонов находится в пределах 4-5, то для пластичных бетонов, используемых для бетонирования покрытий, – 7-8, что свидетельствует в пользу тощих бетонов для устройства прочных оснований аэродромных покрытий. Так, при строительстве аэродромных покрытий ВПП аэродрома аэропорта Борисполь в искусственное основание укладывался слой тощего бетона толщиной 30 см на слой стабилизированного цементом грунта. Укладка тощего бетона в один слой осуществлялась бетоноукладчиком Wirtgen.

К недостатку тощих бетонов следует отнести их малую фильтрационную способность, из-за чего тощие бетоны не могут использоваться как дренажные слои аэродромных покрытий. В связи с этим в настоящее время для устройства их искусственных оснований используют крупнопористые бетоны [15]. Пористость таких бетонов создается, как правило, посредством изъятия песчаной составляющей из состава бетона. Структура пористого бетона представляет собой скелет из склеенных цементом зерен крупного заполнителя и пространства между ними из воздушных пор (как правило сквозных), размер которых зависит от размера зерен и гранулометрического состава используемого заполнителя.

Применение пористых цементобетонов для строительства собственно покрытия и их оснований обеспечивает повышение безопасности движения самолетов при выполнении взлетно-посадочных операций, предотвращает опасность аквапланирования, благодаря быстрому поглощению поверхностных вод, повышенной и устойчивой шероховатости и эффективному дренажу воды, впитавшейся в покрытие при выпадении атмосферных осадков.

Водопроницаемые покрытия, в том числе из крупнопористого бетона, начали применяться с 70-х годов прошлого столетия, а сегодня уже нашли широкое распространение в наиболее технически развитых странах благодаря некоторым ощутимым преимуществам по сравнению с обыкновенными дорожными аэродромными покрытиями: повышенной шероховатости поверхности, водо- и шумопоглощению, улучшению видимости на автодорогах и аэродромах в период выпадения атмосферных осадков. Применение пористых цементобетонов в покрытиях и искусственных основаниях автомобиль-

ных дорог и аэродромных сооружений практикуется в Австрии, Великобритании, Германии, Нидерландах, США, Франции, Японии.

Исследования, проведенные в России по изучению свойств пористого бетона для покрытия автодорог, показали, что при использовании гранитного щебня фракции 10-15 мм и портландцемента ПЦ 500-ДО-Н можно получать крупнопористый бетон с открытой пористостью 14,2 % и с прочностью на растяжение при изгибе 4,3 МПа, а на сжатие – 24,2 МПа. Морозостойкость такого бетона составила 200 циклов (по 2-му методу ГОСТ 10060.2-90). Строительство покрытий и их оснований из крупнопористого бетона осуществляется теми же машинами и методами, которые использовались при применении тощего бетона.

### **6.5. Уход за свежееуложенной бетонной смесью**

Уход за свежееуложенным в дело цементобетоном является важнейшей технологической операцией на завершающем этапе строительства цементобетонного основания и покрытия аэродромного сооружения. Эта операция производится с целью создания нормальных условий для твердения свежееуложенного цементобетона, набора им предусмотренной проектом прочности, а также минимизации нежелательных усадочных деформаций и механических повреждений.

Мероприятия по уходу за свежееуложенным бетоном назначаются сразу же по окончании отделки его поверхности и продолжаются на протяжении всего срока набора им проектной прочности, но не менее 28 сут.

Уход за свежееуложенным цементобетоном может осуществляться в один, два или три этапа.

При уходе за бетоном в один этап на поверхность и боковые грани покрытия наносят пленкообразующий материал.

Пленкообразующие материалы на органических растворителях, такие как ПМ-86, ПМ-100А, ПМ-100АМ и лак-этиноль, поступающие на строительство в готовом виде, следует наносить немедленно после исчезновения свободной влаги с поверхности цементобетона и когда его поверхность становится матовой.

Материалы на водной основе (битумные эмульсии) класса БА-1, БА-2 и СА следует наносить сразу после отделки покрытия.

При рельсовой укладке бетона боковую поверхность покрытия покрывают пленкообразующим материалом сразу же после снятия рельс-форм.

Пленкообразующие материалы должны наноситься механизированным способом: при строительстве машинами со скользящими формами – многополосными распределителями ДС-105 и ДС-105 А; ТС-400 и ТС-600 (текстуровщиками Gomaco), ТСМ 950 или ТСМ 1800 (Wirtgen). При строительстве рельсовым бетоноукладочным комплектом – машиной ЭНЦ-3 или малогабаритным распределителем с приводной тележкой.

Битумную эмульсию, распределяемую машиной ЭНЦ-3 и малогабаритным распределителем, следует подогревать до 40-60° С при непрерывном перемешивании.

Материалы марок ПМ-86, ПМ-100А, ПМ-100АМ, лак-этиноль, битум, разжиженный бензином, при распределении подогревать запрещается. Расход пленкообразующих материалов должен быть не менее 400 г/м<sup>2</sup>.

Уход за свежеложенным цементобетоном в один этап производится при температуре (Т) наружного воздуха, когда 5° < Т < 25° С, относительной влажности воздуха более 50 %, если не предвидится задержка нанесения пленкообразующих материалов более чем на 30 мин, когда суточный перепад температуры воздуха не превышает 12° С и когда нет необходимости в устройстве термоизоляции уложенного цементобетона.

Уход за бетоном в два этапа производится если: нанесение пленкообразующего материала задерживается более чем на 30 мин; укладка бетона производится в сухую и жаркую погоду, когда температура воздуха превышает 25° С, а его относительная влажность менее 50 %, в случае выпадения атмосферных осадков и когда необходимо предусматривать термозащиту уложенного бетона.

При двухэтапном уходе за свежеложенным цементобетоном в случае отсутствия пленкообразующих материалов и при температуре воздуха ниже 5° С, уход за бетоном следует осуществлять с применением депрессора испарения влаги (марки ДСШ) при расходе 5-10 г/м<sup>2</sup> или слоя влажного песка. При этом, как в случае последующего использования пленкообразующего материала, так и в случае использования влажного песка до их нанесения на поверхность бетона (сразу после отделки) укладывают паронепроницаемую и водонепроницаемую пленку. При отсутствии дождя допускается использовать мешковину, которая должна постоянно пребывать во влажном состоянии. Для этого её равномерно смачивают распыленной водой в количестве 80-150 г/м<sup>2</sup>. При использовании мешковины количество её смачиваний определяется температурой воздуха и скоростью ветра и может достигать 3-4 раз в час. Пленку расстилают по поверхности цементобетона механизированным способом на всю ширину полосы бетонируемого покрытия, используя для этого специальный передвижной мостик. Для предотвращения сдувания пленки с поверхности покрытия её прижимают к ней легкими металлическими трубами, избегая механических повреждений поверхности покрытия. Продолжительность этого (первого) этапа ухода за бетоном зависит от атмосферных условий и свойств цемента и может составлять от 20 мин до 2-3 ч. Для непрерывности ухода за бетоном этот этап прекращается непосредственно перед началом следующего за ним (второго, основного этапа). Пленочные рулонные материалы, а также другие защитные средства, применяемые вместо пароводозащитных пленок (тенты, мешковина, водонепроницаемая бумага), снимают и на поверхность твердеющего цементобетона наносят светлые пленкообразующие материалы в два слоя (два прохода машины) с интервалом 20-30 мин. Расход пленкообразующих материалов за один проход машины должен быть не менее 600 г/м<sup>2</sup>. В случае нанесения

темных пленкообразующих жидкостей следует производить осветление пленки из битумной эмульсии или других пленкообразующих материалов путем нанесения суспензии алюминиевой пудры (1 часть пудры и 3 части осветительного керосина) на несформировавшийся слой эмульсии (метод "жидкость по жидкости"), окраски известковым раствором (1 часть извести-пушонки и 4 части воды). Нормы расхода осветляющих материалов не менее: суспензии алюминиевой пудры – 20 г/м<sup>2</sup>, известкового раствора – 400 г/м<sup>2</sup>.

Нормы розлива наиболее применяемых пленкообразующих материалов приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.2. Нормы розлива пленкообразующих материалов

Пленкообразующий материал	Нормы розлива, г/м <sup>2</sup>		Интервал времени между первым и вторым розливами, мин при температуре воздуха	
	первый слой	второй слой	15 – 20° С	20 – 30° С
Лак-этиноль	300	200	25	20
Битумная эмульсия быстрораспадающаяся	400	300	30	40
Битумная эмульсия медленнораспадающаяся	400	300	40	50
Помароль ПМ-86	300	300	25	20
Латекс синтетического каучука СКС-50, СКС-65	200	100	20	15
Разжиженный битум	400	200	170 - 60	60 - 50

Для обеспечения равномерного распределения жидкости целесообразно на машинах иметь щелевые распылители вместо центробежных.

Благоприятные условия формирования пароводонепроницаемых пленок на поверхности свежееуложенного бетона и обеспечение их защитных качеств, предотвращающих испарение из бетона воды создают с помощью специальных тентов. Защитные тенты, находящиеся над покрытием, оставляют на месте до окончания формирования пленки, визуальным признаком которого является отсутствие на поверхности бетона прилипшего к ней песка. Защитные тенты перемещают с помощью машины для нанесения пленкообразующих материалов.

Применение для ухода за свежееуложенным бетоном песка или супеси с поливкой их водой допускается в виде исключения на объектах с малым объемом работ. Засыпку песком поверхности бетона слоем 4-6 см производят

после окончания 1 этапа ухода за бетоном и снятия пленки, мешковины, водонепроницаемой бумаги, переносимой на другой участок покрытия. Слои засыпки следует увлажнять в течение 28 сут (при ветреной и жаркой погоде первые 7 сут через каждые 2-3 ч, после 7 сут – через 6-8 ч). Поливку песка осуществляют распыленной струей из шланга через наконечники распылители. Применяемый для ухода за бетоном песок не должен содержать включений крупноблочных материалов – гальки, щебня, дресвы гравия крупнее 10 мм. Для этого получаемый из карьера песок просеивают через сетку, что исключает повреждение поверхности покрытия.

Боковые поверхности бетонного покрытия также должны быть защищены пленкообразующим материалом или засыпаны песком сразу же после отделки бетона машиной со скользящими формами или снятия рельс-форм при использовании рельсового комплекта машин .

Запрещается оставлять в свежеложенном бетоне участки, не покрытые защитной пленкой. Места, где пленка оказалась нарушенной, необходимо немедленно вновь обработать пленкообразующей жидкостью, используя малогабаритный распределитель.

При уходе за бетоном в три этапа, применяемом при суточном перепаде температур воздуха более 12° С, вся поверхность бетона после формирования защитной пленки должна быть равномерно укрыта теплоизоляционным материалом (песком, супесью, пористыми или воздушнонаполненными матами или другими теплоизоляционными материалами) с перекрытием на 0,5 м продольного края ранее забетонированного ряда, а также рельс-форм. В случае применения на втором этапе ухода за бетоном влажного песка, он сохраняется как часть теплоизоляционного слоя и на третьем этапе, но уже без увлажнения.

Необходимость в третьем этапе ухода за бетоном, т. е. его термозащита, а также продолжительность этого этапа и толщина теплоизоляционного слоя устанавливаются проектом аэродромного сооружения.

На всех участках, где завершены мероприятия по уходу за бетоном, в местах возможного движения людей и транспортных средств, следует устанавливать предупреждающие и запрещающие движение знаки, а в ночное время – световые сигналы.

Движение бетоноукладочных машин и автотранспортных средств по цементобетонному покрытию или основанию следует открывать, как правило, после набора бетоном прочности на сжатие не менее 70 % проектной, но не ранее чем через 7 сут.

## **6.6. Устройство деформационных швов в аэродромных цементобетонных покрытиях**

Как уже отмечалось в гл. I, при строительстве жестких цементобетонных аэродромных покрытий с целью предотвращения образования трещин устраивают продольные и поперечные швы сжатия, рабочие и контрольные швы, швы расширения. Продольные швы сжатия, ограничивающие полосы

укладки цементобетона бетоноукладочными машинами и рабочие швы, устраиваемые в случае перерывов в укладке цементобетона, называют также технологическими швами [22].

Деформационные швы бывают сквозные и ложные. К сквозным относятся швы расширения, технологические швы сжатия, рабочие швы. К ложным относятся поперечные швы сжатия и продольные дополнительные швы сжатия.

Принципиальные схемы устройства деформационных швов в монолитных покрытиях показаны на рис. 6.8.

Рис. 6.8. Принципиальные схемы устройства деформационных швов в монолитных жестких покрытиях (поперечные разрезы):  
*a* – сквозной шов сжатия; *б* – сквозной шов расширения;  
*в* – ложный шов сжатия

С целью передачи нагрузки с одной плиты на другую, предотвращения образования уступов между соседними плитами и раздвижки соседних плит в швах устраивают стыковые соединения. Такие соединения устраивают в виде штырей или шпунта, а также в виде комбинации шпунта и штырей. Схема расположения штырей в швах покрытия показана на рис. 6.9.

Рис. 6.9. Схема расположения штырей в швах покрытия:  
*1* – кромка покрытия; *2* – продольный шов сжатия;  
*3* – продольный шов шпунтового типа; *4* – поперечный ложный шов; *5* – шов расширения

К поперечным швам (перпендикулярным к оси аэродромного сооружения) относятся швы расширения, швы сжатия, контрольные и рабочие швы. К продольным относятся технологические швы сжатия: шпунтовые тип II при толщине плит  $t > 24$  см и сквозные с краевым армированием плит типа VII *a* при  $t \leq 24$  см, а также промежуточные (между технологическими) дополнительные продольные швы сжатия – ложные со штырями типа I *б* и I *г*. Поперечные и дополнительные продольные швы сжатия в покрытиях толщиной  $t \geq 30$  см могут сооружаться также со стыковыми балочными элементами тип IV. Допускается также применение швов



типа III (с изогнутыми штырями) при строительстве небольших участков покрытий средствами малой механизации.

В однослойных покрытиях на пучинистых и набухающих грунтах швы выполняют без стыковых соединений (для предотвращения разрушения краевых участков соседних плит при неравномерном вертикальном поднятии грунта): продольные технологические швы сжатия – сквозного типа VII *a* (при любой толщине плит); поперечные и дополнительные продольные швы сжатия – ложные типа VI *a* (рис. 6.10).

Устройство деформационных швов аэродромных покрытий включает в себя следующие технологические операции: изготовление и сборка закладных элементов, установка и закрепление закладных элементов на основании; устройство паза шва; заполнение паза шва герметиком.

В однослойных покрытиях вместо устройства стыковых соединений допускается усиливать краевые участки плит либо армированием, либо применением подшовных плит, либо увеличением толщины плиты, обоснованной расчетом.

Наиболее универсальными, но в то же время и сложными в исполнении, являются швы расширения. Эти швы позволяют расширяться цементобетонным плитам аэродромного покрытия, когда их температура превысит температуру бетона при его укладке в покрытие. Швы расширения позволяют также бетонным плитам сжиматься и коробиться.

Швы расширения (рис. 6.10) повышают продольную устойчивость цементобетонного покрытия при максимальном его нагреве в летнее время. Необходимость устройства швов расширения в жестких монолитных покрытиях и расстояние между ними обосновывается расчетом при проектировании аэродромного сооружения с учетом климатических условий и конструктивных особенностей покрытий. Однако, во всех случаях их необходимо устраивать в местах примыкания покрытий к другим сооружениям, а также при примыкании РД к ВПП, перронам и групповым МС (Тип V *a*, VIII). Швы расширения устраивают с зазором между соседними плитами. Этот зазор (ширина шва) тем больше, чем больше расстояние между швами. Зазор устанавливается по всей ширине покрытия и на всю его толщину.

В процессе эксплуатации покрытия ширина швов расширения постоянно изменяется, поэтому зазор между плитами должен заполняться таким материалом, который, с одной стороны был бы достаточно упругим, чтобы компенсировать расширение или сжатие зазора, а с другой – водонепроницаемым. В качестве таких материалов применяют дерево мягких пород (ель, сосна) и синтетические материалы (резину, тиокол, полиуретан, неопрен, полистирол и др.).

Элементы швов расширения (каркасы, деревянные прокладки, штыри) (рис.6.11) устанавливаются и закрепляются в проектное положение до бетонирования, а пазы над деревянными прокладками нарезают только в затвердевшем бетоне по возникшей трещине или по намеченной красной линии. Паз нарезают на 3-5 мм шире толщины прокладки.

Рис. 6.10. Схемы конструкций деформационных швов монолитных жестких покрытий:  
1 – плита покрытия; 2 – прямой штырь (обмазанный битумом на  $2/3$  длины); 3 – паз шва, заполненный герметизирующим материалом; 4 – деревянная прокладка, устанавливаемая при невозможности нарезки паза на глубину  $t/4$  (при толщине плиты  $t > 30$  см); 5 – установочные каркасы; 6 – арматурная сетка плиты армобетонного покрытия; 7 – спаренные прямые штыри малого диаметра (обмазанные битумом на  $2/3$  длины); 8 – обмазка грани плиты битумом; 9 – деревянная

прокладка; 10 – изогнутые штыри; 11 – распределительная арматура; 12 – арматурная сетка; 13 – большой стыковой элемент двутаврового профиля; 14 – рабочая арматура; 15 – подшовная плита ( $t_{п} = 15$  см при  $t \leq 20$  см;  $t_{п} = 20$  см при  $t > 20$  см); 16 – деревянная пробка (диаметр 10-5 см)

Прокладки для швов расширения должны изготавливаться из обрезных строганных досок толщиной 30-35 мм и длиной 3500 мм для плит покрытий шириной 7 м и 3750 мм – для плит покрытий шириной 7,5 м. Отверстия в прокладках для пропуска штырей должны быть на 1 мм меньше их диаметра. Прокладки должны быть заготовлены так, чтобы обеспечить прямолинейность шва расширения. До установки в проектное положение дощатую прокладку не менее 24 ч вымачивают в воде или покрывают со всех сторон битумной эмульсией, разжиженным битумом или минеральным маслом. Верх дощатой прокладки не должен доходить до поверхности покрытия на 40 мм. Верхнюю часть шва глубиной 40 мм впоследствии заполняют герметиком. При устройстве покрытия в скользящих формах с применением распределителя бетонной смеси прокладку следует отрезать с обоих концов примерно на 15 см для обеспечения прохода распределителя и затем после прохода бетоноукладчика следует вручную восстановить прокладку шва на всю ширину покрытия. При работе без распределителя на маячных рядах прокладку следует обрезать с обоих концов на 2-3 см; при бетонировании примыкающих рядов – только с одной стороны, при бетонировании межмаячного ряда прокладка не обрезается.

При бетонировании покрытия в рельс-формах зазор между стенками рельс-формы и примыкающим к ним торцом прокладки не должен превышать 3 мм.

При любых способах бетонирования зазор между торцами прокладок на оси покрытия не допускается.

Стальные штыри должны быть ровными, прямолинейными, без заусенцев, со снятыми фасками в торцах. Для изоляции битумом штыри нагревают до 60-80° С и опускают на требуемую длину в котел с расплавленным битумом. Заготовленные штыри укладывают на стеллаж под проветриваемым навесом.

С целью образования в бетоне пространства для беспрепятственного скольжения в швах расширения штырей при температурных деформациях плит на обмазанные битумом концы штырей перед укладкой бетонной смеси необходимо надевать гильзы-колпачки длиной 8 см из резины, полиэтилена или другого материала. Воздушный зазор между торцом штыря и дном гильзы-колпачка должен быть равным толщине прокладки. Такой зазор создается благодаря устройству внутри гильзы – колпачка утолщения стенки в виде одного или двух наростов сечением 3 × 3 мм и длиной, равной толщине прокладки. Гильзу-колпачок надевают на штырь до упора в нарост. Внутренний диаметр гильзы – колпачка должен быть равен диаметру штыря, чтобы исключить затекание цементного раствора внутрь гильзы – колпачка.

Для удержания прокладки и штырей в проектное положение применяют металлические сварные каркасы, которые устанавливают на оконча-

тельно уплотненное и сформированное основание. Схема размещения штырей и прокладки в швах расширения показана на рис. 6.11.

Рис. 6.11. Схема размещения штырей и прокладки в шве расширения:

*a* – расположение гильз-колпачков с одной стороны шва; *б* – расположение гильз-колпачков с чередованием через один штырь с двух сторон шва; *1* – кромка покрытия; *2* – дощатая прокладка; *3* – штыри; *4* – гильзы-колпачки

Для того, чтобы предотвратить образование бетонных пробок в швах по оси покрытия прокладки до начала бетонирования следует подогнать по месту и сделать припасовочный срез ножовкой (при двухскатном профиле покрытия) для создания плотного примыкания по всей толщине стыкования прокладок. По оси покрытия прокладки должны соединяться металлическими скобами из проволоки диаметром 6 мм. Прокладки закрепляют к основанию (когда это возможно) металлическими штырями, которые забивают с обеих сторон через 0,8-1м. Прокладки должны располагаться строго вертикально и перпендикулярно к оси покрытия так, чтобы у плит получались прямые углы, а штыри были параллельно оси поверхности покрытия.

Типовая конструкция шва расширения представлена на рис. 6.12.

Рис. 6 12. Типовая конструкция шва расширения для монолитного цементобетонного покрытия:

*1* – штыри; *2* – сварной каркас-корзинка; *3* – деревянная доска-прокладка; *4* – битумная обмазка; *5* – колпачок из резины или полиэтилена; *6* – мастика; *7* – зазор в колпачке

Допускаются и другие конструкции поддерживающих каркасов-корзинок, которые должны обладать равнопрочностью и соответствовать схемам крепления штырей. Нельзя крепить штыри только к доске-прокладке без опоры каркасов-корзинок на основание, так как вертикальное и прямолинейное положение доски-прокладки не будет гарантировано в бетоне покрытия.

Монтаж закладных элементов шва расширения разрешается производить только в кондукторе, поперечный разрез которого показан на рис. 6.13.

Рис. 6.13. Поперечный разрез кондуктора для монтажа закладных элементов шва расширения: 1 – стальные уголки длиной 3,75 м; 2 – стальные уголки длиной 20-25 см для вертикальной и прямолинейной установки досок-прокладок (на длину шва 3,75 м требуется 4 уголка); 3 – шурупы для крепления уголков к доскам верстака, 4 – отверстия в виде полукруга в уголке с радиусом, равным радиусу штыря плюс 1 мм

Допускается устраивать верх паза шва расширения в свежееуложенном бетоне с помощью шаблона. При этом должны выполняться следующие требования:

- паз должен создаваться сразу же после уплотнения бетона и отделки поверхности покрытия;
- паз следует полностью очищать до верха прокладки шва расширения, в нем не должно быть бетона и выступающего щебня (или гравия) из торцевых граней смежных плит, ширина паза должна быть не менее ширины прокладки;
- бетон около кромок паза должен быть качественно уплотнен, а кромки шва закруглены радиусом 5-10 мм;
- грани смежных плит не должны возвышаться более чем на 3 мм относительно друг друга.

Для выполнения указанных требований применяют вспомогательные закладные шаблоны, устанавливаемые на верхнюю часть деревянной прокладки и вынимаемые из паза после твердения бетона и набора им прочности на сжатие 8-10 МПа. Перед установкой шаблона удаляют слой бетона над прокладкой шва расширения. Когда прокладка будет полностью очищена от бетона, на неё одевают шаблон длиной 1,75 м или 1,87 м (рис. 6.14). Разрыхленную при удалении часть бетонной смеси около шаблонов следует хорошо уплотнить и загладить, следя за тем, чтобы не была нарушена ровность покрытия. Кромки плит у шва необходимо закруглить радиусом 5-10 мм. После извлечения шаблонов паз шва необходимо накрыть полиэтиленовой пленкой и засыпать песком для создания нормальных условий твердения бетона в зоне шва.

Нарезку пазов в затвердевшем бетоне в швах расширения производят через 10-20 ч после уплотнения бетона, когда его прочность на сжатие

достигнет 8-10 МПа. Для этого используют нарезчики швов. Производительность нарезчика – 600 м/смену.

При устройстве паза швов расширения необходимо обращать особое внимание на то, чтобы он располагался точно над прокладкой шва, верх которой должен быть очищен от бетона. Опыт строительства цементобетонных покрытий свидетельствует о том, что данные условия не всегда выполняются с надлежащей тщательностью. Следствием пренебрежения этим является появления у швов расширения трещин и сколов бетона.

Рис. 6.14. Последовательность устройства паза шва расширения с использованием резинового шаблона:

*a* – свежееуложенный бетон с деревянной прокладкой; *b* – подготовка и установка шаблона; *в* – установленный шаблон; *г* – готовый паз; *1* – верх деревянной прокладки; *2* – резиновый шаблон

Недостатком способа устройства швов в свежееуложенном бетоне является то, что происходит нарушение структуры уложенного ранее бетона и его плотности. Это приводит к снижению прочности и однородности бетона, ровности его поверхности. Именно поэтому, при строительстве аэродромных покрытий, как правило, швы нарезают в затвердевшем бетоне. Кроме того, такой способ нарезки швов позволяет начать раньше уход за свежееуложенным бетоном и, тем самым, способствует повышению качества строительной продукции.

Швы сжатия в цементобетонных покрытиях предусматривают для обеспечения возможности плитам сжиматься при усадке бетона в процессе его твердения и при понижении температуры по сравнению с той, которая была при укладке бетона в покрытие. Поскольку бетон имеет малую прочность при растяжении, швы сжатия располагают более часто, чем швы расширения. В цементобетонных покрытиях швы сжатия устраивают без зазоров. Зазоры, а точнее трещины в них шириной 1-2 мм, образуются в намеченных проектом местах, позднее при сжатии цементобетона покрытия, в процессе которого оно разделяется на отдельные плиты. Как уже ранее отмечалось, швы сжатия могут быть сквозными и ложными. Сквозные швы (продольные Тип VII *a*, II) формируются бортовой опалубкой бетоноукладочных машин (рельс-формами или скользящими формами). Эти швы находятся в местах примыкания бетонируемой полосы к боковой поверхности ранее забетонированной полосы, покрытой тонким слоем горячего или разжиженного в бензине битума.

Наибольшее распространение получили швы сжатия в виде ложных швов тип I а, I б или I г (рис. 6.10), предусматривающих искусственное ослабление сечения специальными пазами, нарезаемыми в отвердевшем бетоне дисковыми пилами на глубину не менее  $\frac{1}{4}$  проектной толщины плиты. Впоследствии, при сжатии цементобетона, в ослабленном сечении образуется сквозная трещина в плите, а ложный шов становится швом сжатия. В дальнейшем пазы ложных швов заполняют герметиком. Применяемые конструкции швов сжатия обеспечивают свободное деформирование (коробление и сжатие) плит при неравномерном их нагревании по сравнению с теми, которые могли бы иметь место при жестком закреплении плит.

В швах сжатия, как и в швах расширения, могут использоваться стыковые соединения в виде штырей, шпунта и шпунта со штырями как в продольных так и в поперечных швах.

Если раньше при использовании бетоноукладочных комплектов с рельс-формами поперечные швы сжатия со штыревыми стыковыми соединениями устраивались с применением арматурных каркасов до начала бетонирования, то современные бетоноукладочные комплексы Gomaco, Wirtgen способны укладывать штыри в поперечные и продольные швы сжатия механизированным способом в процессе укладки бетона (бетоноукладчики типа "Автогрейд" могут укладывать штыри только в продольные швы сжатия).

Швы сжатия могут отличаться друг от друга геометрической формой нарезания в цементобетонном покрытии пазов. По форме и способу устройства паза применяют следующие виды поперечных швов сжатия:

- шов, устраиваемый в свежееуложенном бетоне (рис. 6.15, а);
- шов, устраиваемый комбинированным способом путем закладки ленты в свежееуложенном бетоне с последующей нарезкой паза в затвердевшем бетоне (рис. 6.15, б);
- шов, устраиваемый двухступенчатым способом в затвердевшем бетоне (рис. 6.15, в).

Конструкция продольного шва сжатия показана на рис. 6.15 г.

Рис. 6.15. Конструкция поперечных ложных швов сжатия и продольного ложного шва сжатия (дополнительного):

1 – цементобетон; 2 – стальной штырь  $\varnothing 25$  мм; 3 – паз ложного шва; 4 – битумная обмазка

В свежееуложенном цементобетоне швы нарезают машинами Д-377, ДНШС и ДНШС-М. Машина Д-377 работает в комплекте с заливщиком швов Д-344. Машины ДНШС и ДНШС-М снабжены вибросошником, с помощью которого одновременно с нарезкой шва в него вводится лента изола или другого материала. Нарезку швов в свежееуложенном цементобетоне можно на-

чинать через 10-15 мин после окончания уплотнения бетонной смеси и окончательной отделки поверхности покрытия до нанесения пленкообразующего материала, когда она еще не лишилась необходимой подвижности, в шов не

затекает раствор, и кромки нарезанного шва не оплывают. Позже указанного срока нарезку пазов не производят в связи с началом твердения бетона. Перед нарезкой поперечные швы размечают на рельс-формах или установкой штырей с флажками.

После подъема виброножа или вибродиска шов может иметь рваные кромки, взбугривание или впадины, оплывины. Для их устранения в образовавшуюся щель погружают деревянный или металлический шаблон необходимой ширины, обладающий конусностью и гривками, позволяющими свободно извлекать шаблон (спустя 20-30 мин) и образовывать фаски на кромках швов (радиусом закругления 5-10 мм). Длину шаблона следует принимать равной половине ширины покрытия. Поверхность шаблона следует смазывать отработанным машинным маслом. Пока шаблон находится в нарезанном шве, производят исправление всех образовавшихся при нарезке дефектов, а также уплотнение цементобетонной смеси по краям швов виброшаблоном до появления на поверхности цементного молока. После извлечения шаблона из шва оценивают ровность кромок и, если они не оплывают, то немедленно производят грунтовку поверхности образовавшегося паза и заполнение его герметиком с помощью машины Д-344 и передвижных мостиков. Такая технология устройства пазов в свежееуложенном бетоне швов сжатия применяется при небольших объемах работ по устройству цементобетонных покрытий.

Для обеспечения равномерного срабатывания и сжатия необходимо стремиться нарезать их все подряд. При суточных переходах температуры воздуха менее 12° С пазы швов сжатия в покрытии, устраиваемом в первой половине дня (до 13-14 ч), следует нарезать, как правило, в те же сутки. Пазы швов в покрытии, устраиваемом во второй половине дня, следует нарезать в те же сутки или на следующие сутки, не ранее 9 и не позднее 24 ч.

В случае невозможности нарезки всех швов сжатия подряд, например, когда выкрашивание кромок превышает 3 мм, следует устраивать контрольные швы сжатия с последующей нарезкой промежуточных швов после достижения бетоном требуемой прочности.

Как правило, расстояние между контрольными швами при суточном перепаде температур воздуха менее 12° С должно составлять 18-20 м, а при переходе более 12° С – 10-12 м. Пазы контрольных швов, при этом, следует нарезать по двухстадийному способу: с нарезкой узкого паза шва на проектную глубину одним алмазным диском (шириной 4 мм) с последующей дорезкой верхней части шва на проектную ширину при достижении бетоном прочности 8-10 МПа.

При невозможности своевременного устройства контрольных швов по двухстадийному способу из-за недопустимого выкрашивания кромок и опас-



ности появления трещин в покрытии контрольные швы допускается устраивать комбинированным способом. В начале механизированной закладкой эластичной (полиэтиленовой, изоловой и др.) ленты толщиной 0,2-3 мм в свежеуложенную бетонную смесь и затем последующей нарезкой швов в затвердевшем бетоне. Закладывать ленту необходимо сразу же после уплотнения и отделки поверхности бетонного покрытия до потери необходимой подвижности смеси на глубину не менее  $\frac{1}{4}$  толщины покрытия с выступом над поверхностью покрытия на 0,5-1 см. Отклонение ленты от прямой линии более чем на 3 мм на длине 1 м и от вертикальной плоскости более чем на  $10^\circ$  не допускается. Когда прочность бетона на сжатие достигает 8-10 МПа, по ленте нарезают паз шва. Не следует применять комбинированный способ, если бетонная смесь потеряла подвижность, и лента не омоноличивается.

Продольные швы в покрытии из монолитного цементобетона следует устраивать при ширине покрытия более 4,5 м.

Продольные швы сжатия со шпунтовыми соединениями устраивают с помощью приставной опалубки, прикрепляемой к вертикальным граням рельс-форм или с внутренней стороны скользящих форм. При устройстве цементобетонных монолитных покрытий толщиной  $H \geq 0,24$  м шпунтовые соединения могут устраиваться как по типу швов сжатия, так и по типу швов расширения (рис. 6.16). Размеры элементов шпунтового соединения в зависимости от толщины плит приведены в табл. 6.3 [3].

Рис.6.16. Конструкция шпунтового соединения:  
*a* – шов сжатия; *b* – шов расширения; *l* – герметик; *2* – обмазка битумом слоем толщиной 1-1,5 мм; *3* – дощатые прокладки толщиной 15 мм

Таблица 6.3. Размеры элементов шпунтового соединения

Толщина плит, см	Размеры элементов шпунтового соединения		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
18	6	6	6
20	7	6	7
22	7,5	7	7,5
24	8	8	8
26	9	8	9
28	9,5	9	9,5
30	10	10	10

В конце рабочей смены и в местах длительного перерыва в бетонировании покрытия следует устраивать технологические (рабочие) швы, которые, как правило, должны совпадать с деформационными швами. Такие швы устраивают с помощью опалубки в виде угольника-шаблона из досок (рис. 6.17).

Рис.6.17. Конструкция угольника-шаблона при толщине покрытия  $t$  (размеры в см):  
1 – вертикальная полка; 2 – ребро жесткости; 3 – отверстие для штыря; 4 – горизонтальная полка; 5 – деревянный сегмент

К вертикальной полке угольника-шаблона (1) закрепляется деревянный сегмент (5) для образования в толще плиты паза сферической формы. Образующий впоследствии (при бетонировании смежной плиты) сферический выступ, заходящий в паз, обеспечит возможность увеличения передачи нагрузки с плиты на плиту. Доску-сегмент следует обработать лезвием стальной скобы сферической формы радиусом 20 см. Вертикальную полку необходимо покрыть битумной эмульсией или разжиженным битумом слоем около 1 мм. Угольник-шаблон может быть изготовлен на всю ширину полосы бетонирования или состоять из двух равных частей.

При устройстве технологического (рабочего) шва технологические операции следует выполнять в такой последовательности:

- с места шва удалить бетонную смесь и установить угольник-шаблон так, чтобы верхняя грань его вертикальной полки совпадала с поверхностью покрытия, и закрепить шаблон к основанию, например штырями-костылями, забивая их через 100-150 см по длине вплотную к горизонтальной полке; отклонение опалубки от вертикали допускается не более 5 мм на 10 см толщины покрытия;
- пазуху угольника-шаблона заполнить бетонной смесью с некоторым избытком и разровнять её вручную;
- глубинным вибратором уплотнить уложенную в пазуху смесь и забить сквозь отверстия в вертикальной полке стальные штыри-анкеры в свежеложенный бетон ранее забетонированного покрытия. Штыри-анкеры следует изготавливать из арматурных стержней периодического профиля диаметром 20 мм и длиной 50 см;
- отделать поверхность покрытия и произвести мероприятия по уходу за бетоном;

Дальнейшее строительство покрытия от рабочего шва продолжают в такой последовательности:

- снимают угольник-шаблон и обмазывают торцевую поверхность цементобетонного покрытия разжиженным битумом или пленкообразующим материалом, используемым для ухода за бетоном;
- обмазывают металлические штыри-анкеры разжиженным битумом;
- укладывают вдоль торца ранее забетонированной плиты бетонную смесь из бункера-распределителя или любым другим удобным способом;
- глубинными вибраторами уплотняют бетонную смесь на ширину 2 м от технологического (рабочего) шва. Дальнейшее уплотнение бетонной смеси, укладываемой в покрытие, производится бетоноотделочной машиной;
- производят отделку поверхности покрытия;
- для образования паза технологического (рабочего) шва следует, используя рабочий мостик, выбрать свежееуложенный бетон стальным мастерком от торца затвердевшего бетона по всей ширине полосы бетонирования на глубину 4 см и заложить в образованный ровик деревянную рейку высотой 4 см и шириной 1 см, заполнить пазуху у рейки цементобетонной смесью и уплотнить её вручную трамбовкой. Далее следует выровнять поверхность покрытия у шва с помощью деревянной или стальной гладилки;
- через 10-15 ч и до схватывания цементобетона рейку извлекают из образованного ею паза, после чего паз укрывают полосой рулонного водонепроницаемого материала, например полиэтиленовой пленкой, для обеспечения нормальных условий твердения бетона.

Поверхность плит непосредственно у рабочего шва можно отделывать выглаживающей дюралевой трубой длиной 3 м и диаметром 6 см с рукояткой длиной 4 м диаметром 4 см. Рукоятку (для жесткости) следует крепить раскосами к середине трубы. Использование выглаживающей трубы указанных размеров обеспечивает создание потребной ровности покрытия вблизи рабочего шва.

Деформационные швы в армобетонных покрытиях аналогичны швам в цементобетонных покрытиях: поперечные ложные швы сжатия со штырями соответствуют конструкции швов типа I в (рис. 6. 9). Можно также применять конструкцию ложного шва сжатия со штырями, представленную на рис. 6.18.

Продольные технологические швы сжатия (рис. 6.10) выполняются со шпунтовым стыковым соединением по типу II, либо сквозные с краевым армированием по типу VII б. Промежуточные продольные швы в армобетонных плитах не применяются. При устройстве швов по типу VII б армирование краевых участков плит в верхней зоне производится с добавлением арматуры, в связи с чем уменьшается шаг установки стержней.

В армобетонных плитах верхних слоев двухслойных покрытий сетки опирают на поверхность нижнего слоя с помощью монтажных V-образных элементов, привариваемых к сеткам снизу по всей их площади с шагом 1,5-1,75 м. Эти элементы располагают как вдоль, так и поперек плиты в шахмат-

ном порядке с целью придания сеткам устойчивости при их установке в проектное положение. Кроме того, сетки распирают коротышами  $\varnothing 10$  мм по месту с упором либо в рельс-формы, либо в боковые грани ранее забетонированных плит.

При устройстве цементобетонных двухслойных покрытий с использованием машин со скользящими формами поперечные швы сжатия в верхнем и нижнем слоях устраивают вразбежку. При этом штыри в швах верхнего слоя не устанавливаются, так как нижний слой в этом случае служит подшивной плитой. Благодаря высокому качеству отделки поверхности нижнего слоя, разделительная прослойка между верхним и нижним слоем не требуется. Ею служит пленкообразующий материал по уходу за бетоном. Расстояние между деформационными швами в нижнем бетонном слое двухслойных покрытий не должно превышать 10 м.

Рис. 6.18. Конструкция ложного шва сжатия со штырями (в армобетонном покрытии):

*a* – поперечный разрез шва; *б* – шов в плане;  
*1* – плита покрытия; *2* – стальной штырь;  
*3* – поперечные стержни арматурной сетки;  
*4* – сварка; *5* – паз шва, заполненный герметиком;  
*6* – вязальная проволока; *7* – обмазка штыря битумом на  $2/3$  его длины (со стороны крепления вязальной проволокой); *8* – продольные стержни арматурной сетки; *9* – шпунт на боковой грани плиты (продольный шов сжатия)

В двухслойных покрытиях с несогласованными швами нижняя зона плит верхнего слоя армируется над швами нижнего слоя. Поэтому, при устройстве таких покрытий необходима установка и закрепление сварных сеток над швами нижнего слоя по правилам, предусмотренным эксплуатацией рельсовых машин и машин со скользящими формами.

В случае устройства двухслойных покрытий по методу сращивания разделительная прослойка между слоями не предусматривается. Швы в верхнем и нижнем слоях должны совпадать друг с другом. Такие покрытия следует устраивать, как правило, со стыковыми соединениями в продольных и поперечных швах. Допускается устраивать стыковые соединения только в верхнем слое. Технология устройства швов в таких покрытиях ничем не отличается от их устройства в однослойных цементобетонных покрытиях.

В основаниях из тощего бетона, керамзитобетона, песчаного (мелкозернистого) бетона, а также шлакобетона устраивают швы сжатия, расстояние между которыми должно быть не более 15 м.

Поперечные и продольные швы сжатия устраивают в свежееуложенном бетоне, закладывая в них прокладки из изола или полиэтилена.

В бетонных основаниях с прочностью на сжатие не ниже 15-20 МПа, устраивают стыковые соединения с использованием металлических штырей, Количество штырей, их размеры и порядок размещения принимают такими же, как и при устройстве бетонных покрытий.

При устройстве деформационных швов в цементобетонных аэродромных покрытиях широко используют средства механизации. В свежееуложенном бетоне швы нарезают самоходными машинами Д-377, ДНШС-60 и ДНШС-60 М, о чем уже упоминалось выше.

Машина Д-377 представляет собой плоскую сварную раму, движущуюся по рельс-формам на четырех ведущих колесах. Во время обработки промежуточной полосы бетона (между двумя ранее уложенными полосами) машина движется по ранее уложенным полосам на безребордных колесах. Рабочими органами машины является металлическая виброрейка для прорезания поперечных швов и диск для прорезания продольных швов, устанавливаемый на машинах, укладывающих полосы цементобетона шириной 7 м. Виброрейка подвешена к раме машины. Для прорезания швов виброрейку опускают строго перпендикулярно к оси сооружения и прижимают её нож к поверхности бетона. После включения вибраторов вибрирующий нож углубляется в бетон на заданную глубину, образуя паз шва. Затем вибраторы выключают и поднимают виброрейку. В задней части рамы Д-377 размещен рельс для передвижения по нему заливщика швов Д-344, заполняющего образованный паз герметиком (мастикой).

Ложные швы сжатия в свежееуложенном бетоне образуют с помощью эластичных прокладок нарезчиком ДНШС-60 (ДНШС-60 М), который применяют для устройства продольного и поперечного швов оснований, продольных, а также поперечных швов покрытий, устраиваемых комбинированным способом.

Машина имеет два рабочих органа: подвижный, для нарезки поперечных швов, и неподвижный, для устройства продольного шва. Нарезчик швов ДНШС-60 (ДНШС-60М) входит в комплект бетоноукладочных машин и движется в потоке машин вслед за бетоноотделочной машиной в 5-10 м от неё по рельс-формам. Принцип действия рабочего органа машины ДНШС-60 основан на перемещении вибропластины вибросошника в свежееуложенном уплотненном, но ещё несхватившемся, цементобетоне. Перемещающаяся и вибрирующая пластина разрыхляет и раздвигает в стороны бетон, образуя в нем паз и одновременно вводя в него эластичную ленту (прокладку).

С помощью машины ДНШС-60 можно устраивать также швы расширения. В этом случае с помощью машины нарезают два параллельных поперечных шва с обеих сторон деревянной прокладки шва расширения. Вибропластина, прижимающая эластичную ленту и прокладки, должна распола-

гаться слева от неё. На следующий день схватившийся бетон между эластичными лентами скалывают ломиком, а ленты обрезают. Следует помнить, что паз шва расширения должен всегда располагаться точно над деревянной прокладкой шва.

В затвердевшем бетоне швы нарезают самоходным нарезчиком швов ДС-510. Двухдисковый нарезчик ДС-510 предназначен для нарезки ступенчатого шва сжатия сразу двумя дисками. Передний диск, имеющий большую толщину, нарезает шов на половину заданной глубины, задний тонкий диск – на оставшуюся ее часть.

Нарезку поперечных швов производят после снятия рельс-форм нарезчиком ДС-510 без необходимости съезда машины (перемещающейся на обрешеченных механических колесах) с бетонного покрытия. В маячных рядах её производят в два этапа: вначале нарезают часть шва на длине 1,5-1,8 м от кромки одного из краев в направлении этой кромки. После этого рабочий орган машины поднимают, а нарезчик с помощью подъемно-поворотного круга разворачивают на 180° так, чтобы указатель продольной оси симметрии машины попал на нарезанную часть шва. Затем нарезчик спускают на ходовые колеса, диски вводят в нарезанный ранее паз шва и нарезают оставшуюся его часть до противоположного края.

В смежных рядах нарезку поперечных швов производят от края, примыкающего к ранее забетонированной полосе (ряду). Нарезчик в исходное положение устанавливают так, чтобы передний диск находился над точкой пересечения линии разметки поперечного и продольного швов, а задний диск был бы над пазом поперечного шва смежного ранее забетонированного ряда покрытия. Поперечные швы нарезают от середины полосы к краям и, в том случае если не сняты рельс-формы, у её краев остаются участки поперечных швов, которые прорезают после снятия рельс-форм.

В комплект высокопроизводительных машин со скользящими формами ДС-110 входят четырехдисковый нарезчик поперечных швов ДС-112 и трехдисковый нарезчик продольных швов ДС-115. Самоходный нарезчик ДС-112 выполнен на пневмоколесном ходу, а ДС-115 – имеет четыре обрешеченных металлических колеса. В качестве режущих дисков применяются алмазно-сегментные круги. Диски в процессе нарезки пазов в отвердевшем бетоне охлаждаются водой, подаваемой центробежными насосами. Задаваемое направление движения машин выдерживается посредством визирных устройств, а весь цикл нарезки пазов – автоматизирован. Производительность нарезчиков швов ДС-112 и ДС-115 – до 1000 м нарезаемых пазов швов в смену.

Кроме нарезчиков швов отечественного производства в процессе строительства цементобетонных аэродромных и дорожных покрытий используются машины для очистки и нарезки швов зарубежного производства. Эти машины можно также использовать для оконтуривания разрушенных участков покрытий, удаления дефектных плит; они могут быть оснащены гидросистемой управления глубиной резания, приводом движения с бесступенчатым

регулированием, лазерным наведением. Мощность нарезчиков швов может составлять от 5 до 120 л. с. В качестве примера можно привести машины немецкого производства серии CF с глубиной резания от 170 до 580 мм. Машины могут иметь бензиновые и дизельные двигатели (рис.6.19).

*а*

*б*

*в*

*г*

Рис. 6.19. Машины для нарезки швов серии CF (Германия):

*a* – CF-15 В с глубиной резки 170 мм с водяным баком и бензиновым двигателем; *б* – CF-22,5 с глубиной резания до 220 мм с пониженным уровнем шума и электрически включающимся приводом; *в* – CF-350 с глубиной резки до 390 мм, гидравлической системой управления глубиной резки и дизельным двигателем; *г* – CF-600 с глубиной резки до 580 мм, гидравлической системой управления глубиной резки, турбодизельным двигателем и автоматическим регулированием подачи

Для нарезки швов в цементобетонных покрытиях используются также нарезчики швов DiStar (Чехия) серии RS с глубиной резки от 120 до 190 мм с ручным управлением, Fast Verdini (Италия) с глубиной резки от 185 до 400 мм. Самоходные гидравлические нарезчики швов Fast Verdini серии SA предназначены для резки асфальтобетона, цементобетона и железобетона. Они используются для нарезки швов и при ремонте аэродромных и дорожных покрытий. Нарезчики швов модели SA 340 и SA 8 с глубиной резки соответственно 340 и 400 мм оснащены гидроприводом с автоматическим регулированием глубины резки, дизельными двигателями мощностью соответственно 54 и 66 л.с., электростартерами. Фирма Fast Verdini выпускает нарезчики швов и других серий (LM, LS, DL, NC, NP, VDAi).

Для очистки старых и новых швов перед их герметизацией используются щеточные машины с шириной щеток 6, 8, 10, 12 мм и диаметром 300 мм в зависимости от ширины шва. На рис. 6.20 изображена самоходная щеточная машина FB 16-D с дизельным двигателем мощностью в 10 л.с.

Для очистки швов используются также машины SF-B и SF-D соответственно с бензиновым и дизельным двигателем, щеточная машина ЩМ-1. Все эти машины имеют двигатель мощностью 16 л.с. и комплект щеток шириной 6, 8, 10 мм и диаметром 300 мм.

Машина НШ 613 R16 (нарезчик швов щеточная машина) мощностью 13 л.с. с комплектом щеток 6, 8, 10 мм, диаметром 300 мм, диском диаметром 400 мм для нарезания швов может выполнять обе операции – как нарезание, так и очистку швов в покрытии.

Рис. 6.20. Щеточная машина FB 16-D

Для нарезания швов в цементобетонных покрытиях используют алмазные режущие диски фирм "Di Star", "Di Korr" (Чехия), "Pentax" (Италия), "Tamproline" (Финляндия). Алмазные режущие диски (рис. 6.21) и алмазные отрезные сегментные круги (АОСК) имеют заметные преимущества перед абразивными: они не теряют глубины резки, диаметр диска во время работы сохраняется, их линейная скорость не уменьшается и при большом объеме работ оказываются наиболее эффективными.



Рис. 6.21. Алмазные режущие диски

С целью обеспечения водонепроницаемости швов и предотвращения их засорения при эксплуатации покрытий пазы швов заполняют герметизирующими материалами: мастиками, пастами или эластичными прокладками.

Все работы по герметизации швов должны производиться в сухую погоду при температуре воздуха не ниже плюс 5° С.

Швы в затвердевшем или свежеуложенном бетоне следует заполнять немедленно после их нарезки, промывки и просушки. Открывать движение построенного транспорта по покрытию разрешается только после герметизации швов. Швы в свежеуложенном бетоне следует заполнять не ранее семи суток после устройства покрытия.

Для обеспечения должного качества дорожных швов при использовании герметиков (мастик) на основе битумов их пазы должны быть соответствующим образом подготовлены, для чего необходимо выполнить ряд технологических операций в следующей очередности:

- промыть пазы сразу же после их нарезки до полного удаления из них шлама;
- подсушить воздухом стенки пазов для удаления поверхностной влаги непосредственно перед заполнением их герметиком;
- очистить пазы от песка, щебня и других попавших в них материалов;
- на дно паза по всей длине шва уложить и уплотнить хлопчатобумажный или резиновый шнур для предотвращения заплывания герметика в трещину, образовавшуюся под пазом шва;
- загрунтовать стенки пазов разжиженным в бензине битумом или праймером заводского изготовления;
- залить герметик (мастику) за два-три приема в паз с небольшим избытком. Мастики на битумной основе, разрешенные для заполнения деформационных швов, перед применением необходимо разогреть до температуры 160-200° С;
- после остывания мастики острым стальным скребком срезать её излишки над швом.

Следует иметь в виду, что нельзя допускать перегрева мастики, повторных разогревов и длительного выдерживания её в расплавленном состоянии, поскольку это приводит к выгоранию компонентов, придающих мастике эластичность и температуроустойчивость. Без этих компонентов свойства мастик значительно ухудшаются, вплоть до её непригодности к использованию.

Подготовка деформационных швов перед их заполнением герметиком, типа "гидром", включающим в себя полимерные составляющие, должна включать следующие дополнительные технологические операции:

- очистка паза вращающейся проволочной щеткой;
- продувка паза сжатым воздухом;
- обезжиривание стенок паза ацетоном;
- нанесение грунтовочного слоя на стенки паза;
- заполнение швов герметиком, удаление его излишка с поверхности шва и обеспечение уровня заливки шва согласно схеме (рис. 6.22).

Рис. 6.22. Схема заполнения деформационных швов полимерными герметизирующими материалами:

*a* – шов сжатия, устраиваемый в затвердевшем бетоне; *б* – ступенчатый шов сжатия; *в* – шов расширения; *1* – бетонное покрытие; *2* – герметик; *3* – резиновая трубка  $d = 10$  мм; *4* – профильная резина  $d = 5-7$  мм; *5* – резиновая трубка  $d = 26$  мм; *б* – деревянная доска

Перед применением компоненты тиоколовых герметиков, типа "гидром", следует тщательно перемешивать в течение 5-7 мин в соотношении: герметизирующая паста – 100 массовых долей, отверждающая паста № 30 – 20 массовых долей. Для заполнения пазов деформационных швов холодными полимерными герметиками используют комплект оборудования, состоящего из миксера и двух заливщиков. Сопло заливщика вводят на 2/3 глубины паза и заполняют его герметиком ниже уровня покрытия на 5-8 мм при устройстве шва расширения и на 2-5 мм – при устройстве шва сжатия. В случае заполнения швов выше указанного уровня излишки герметика следует удалить до его отверждения. Их потом можно использовать для заполнения пазов швов.

Заливку швов осуществляют котлами-заливщиками, работающими в комплекте с нарезчиками швов..

В состав комплекта машин с рельс-формами включают комплект для заполнения швов тиоколовыми герметиками, состоящий из двух заливщиков

швов и смесительного агрегата [9]. Тиоколовый герметик приготавливают с помощью смесительного агрегата. Машинист опускает в заливщик швов шнековый смеситель, загружает герметизирующую тиоколовую и отверждающую (вулканизирующую пасту) и, после перемешивания в течение 4-6 мин, шнековый смеситель переставляет в другой заливщик, а готовый герметик сразу же заливают в пазы швов.

В состав комплекта высокопроизводительных машин ДС-100 включают самоходные заливщики швов.. Производительность заливщиков швов – 700 - 2400 м шва в смену в зависимости от рабочего объема котла.

Многие ремонтно-строительные организации и аэродромные службы используют оборудование для заливки швов (в цементобетонных покрытиях) зарубежного производства. Это оборудование предназначено для приема, поддержания рабочей температуры и розлива герметизирующих материалов в швы и трещины аэродромных и дорожных покрытий, грунтовки карт при производстве ремонтных работ. Обычно оно состоит из одно- или двухосного прицепа и термоизолированной емкости, установленных в нем битумного насоса, приборов контроля температуры, аппаратуры управления и контроля. Оборудование позволяет поддерживать заданную температуру материала, подавать его по жаропрочному шлангу с регулируемой производительностью подачи, продувать и разогревать шланг перед началом и после работы. Привод механизма оборудования для заливки швов осуществляется от гидросистемы трактора. Применяемая гидроаппаратура позволяет плавно и надежно производить запуск и остановку механизмов, точно дозировать подачу разогретого материала.

Перед заливкой герметиком трещины и швы продувают сжатым воздухом от компрессора, установленного на тракторе. Примером такого оборудования могут служить заливщики швов резинобитумной мастикой в прицепном и самоходном исполнении ЭД-135 М отечественной сборки с массой загрузки бака соответственно 1570 и 1650 кг и гидравлическим объемом бака 0,47 м<sup>3</sup> (рис. 6.23). В заливщиках швов используется двухосный базовый прицеп подвеска "Alko Kober" и "Elco Kloeckner" или "Elco".

Рис. 6.23. Заливщик швов серии ЭД-135 М с гидравлическим приводом от дизельного или бензинового двигателя или трактора МТЗ-80, 82

Для герметизации швов в цементобетонных покрытиях аэродромов и автомобильных дорог применяются машины для разогревания и перемешивания мастики и заливки швов (котлы-заливщики) фирмы Breining (Германия). Котел этой машины снабжен плавильной емкостью с миксером. Герметик нагревается косвенно с помощью нагрева термального масла, чем достигается точный контроль за температурой нагрева. Устройство для герметизации швов включает в себя износостойкий насос медленной подачи материала с перепускным клапаном предохранения от перелива, клапаном контроля давления. Шов герметизируется напрямую с помощью шланга заливки, что существенно экономит время заливки швов. На рис. 6.24 изображен нагреватель-смеситель и заливщик швов на четырехколесном шасси DVO 1000/1600 Tandem с двумя нагревателями-смесителями, на рис. 6.25 – заливщик швов MONO AFU на двухколесном шасси, а на рис. 6.26 – варочно-смесительная четырехколесная машина фирмы Grun оборудованная приспособлениями для обработки и заполнения герметиками швов в покрытиях дорог и аэродромов.

Рис. 6.24. Нагреватель-смеситель и заливщик швов DVO 1000/1600 фирмы Breining

С помощью заливщика швов MONO 250 AFU можно заполнять мастикой не только ровные швы в цементобетонных покрытиях, но и неровные трещины в покрытиях капитального типа.

Смеситель и вспомогательное оборудование (компрессор и насос для герметизации швов) приводятся в действие дизельным двигателем с воздушным охлаждением и гидростатической трансмиссией.

Рис. 6.25. Заливщик швов  
MONO 250 AFU фирмы Breining

Рис. 6.26. Варочно-смесительная четырехколесная машина, оборудованная приспособлениями для обработки и заполнения швов в покрытиях дорог и аэродромов

Рис. 6.27. Экономичный метод заделки трещин в асфальтобетонном покрытии с использованием специального приспособления в виде башмака с помощью заливщика швов фирмы Ggun на двухосном шасси

С помощью заливщика швов MONO 250 AFU и варочно-смесительной машины фирмы Ggun можно заполнять мастикой не только ровные швы в цементобетонных покрытиях, но и неровные трещины в покрытиях из асфальтобетона.

Использование высокопроизводительных машин, оснащенных эффективным оборудованием для обработки и заполнения швов в дорожных и аэродромных сооружениях, позволяет не только существенно повысить тем-

пы их строительства, но также и значительно поднять уровень безопасности строительных работ.

### **6.7. Методы строительства монолитных железобетонных покрытий в условиях отрицательных температур**

Строительство цементобетонных аэродромных сооружений при пониженных температурах воздуха (ниже  $+5^{\circ}\text{C}$ ) следует осуществлять только в тех случаях, когда продление строительного сезона имеет веские причины и достаточное обоснование. Это связано с тем, что производство работ в зимних условиях, с одной стороны, требует значительных дополнительных затрат, а с другой – в зимних условиях очень трудно обеспечить высокое качество строительных работ, а следовательно, и конечной строительной продукции. В связи с возможностью использования в аэродромном строительстве высокопроизводительных комплектов строительных машин следует стремиться заканчивать работы по строительству цементобетонных покрытий в теплый период года при положительных температурах воздуха, избегая производить эти работы в период отрицательных температур. Учитывая климатические условия в дорожно-климатических зонах РФ, большинство территорий которых характеризуются коротким теплым периодом и длительностью периода пониженных и отрицательных температур воздуха, благоприятные условия строительства аэродромных сооружений в большинстве случаев отсутствуют, что вынуждает строителей к выполнению работ в условиях отрицательных температур.

Особенностью строительства монолитных цементобетонных покрытий при отрицательных температурах является выполнение таких мероприятий, которые бы обеспечили нормальное твердение цементобетона и набор им прочности к моменту замерзания не менее 70 % проектной.

Замерзание бетона с 70 % прочностью не оказывает влияния на его заданные физико-механические характеристики. После оттаивания бетона остальные 30 % прочности он доберет в теплый период года. С учетом этого в практике аэродромного строительства используются следующие методы зимнего бетонирования.

Метод холодного термоса применяется при бетонировании аэродромных покрытий и их оснований в условиях пониженных температур воздуха, находящихся в пределах от  $-1$  до  $+5^{\circ}\text{C}$ , что бывает ранней весной или поздней осенью. В этот период происходит перемещение тепла из глубины грунта к его поверхности в направлении падения температуры (к фронту промерзания). Если на холодное или слегка промерзшее с поверхности основание уложить бетонную смесь, температура которой равна или выше  $0^{\circ}\text{C}$ , и укрыть образованное из неё покрытие теплоизоляционным слоем, то благодаря притоку тепла из грунта температура бетона, несмотря на отрицательную температуру воздуха, будет длительное время сохраняться близкой к  $0^{\circ}\text{C}$ . Этому будет также способствовать и введение в состав бетона ускорителей твердения, например, хлористого натрия ( $\text{NaCl}$ ), хлористого кальция

(CaCl<sub>2</sub>), соляной кислоты (HCl), тонкомолотой извести, поташа. Эти вещества, кроме того, снижают температуру замерзания бетонной смеси. Они вводятся в бетонную смесь в количестве 3-5 % её объема.

Метод термоса применяют при устройстве аэродромных покрытий при относительно небольших отрицательных температурах воздуха, находящихся в пределах от -1 до -5° С. Метод основывается на сохранении в твердеющем бетоне положительных температур до набора им 70 % прочности, установленной проектом. Помимо мероприятий, предусмотренных методом холодного термоса, требуется нагрев воды и заполнителей бетона до температуры, при которой температура бетона при укладке его в покрытие будет не менее +5° С. Не исключено, что при данном методе потребуются более мощная теплоизоляция, которая могла бы обеспечить заданный температурный режим твердения бетона и требуемую скорость снижения до 0° С. Это достигается утеплением покрытия немедленно после его отделки, для чего на покрытие следует укладывать битуминизированную бумагу, затем слой теплоизоляционного материала расчетной толщины. Утеплитель должен оставаться на покрытии до приобретения бетоном проектной прочности.

Метод термоса с электроразогревом бетонной смеси (электротермос) можно применять при температуре воздуха не ниже минус 20° С. При использовании этого метода бетонную смесь сразу же после укладки её в покрытие следует разогреть до температуры 45-55° С с помощью переносных накладных электропанелей или закладываемых в бетон арматурных стержней и выдерживать под слоем утеплителя до набора бетоном требуемой прочности.

Режим электроразогрева и расход потребной электроэнергии следует определять расчетным путем. Электропанели (деревянные, утепленные щиты с электродами из полосового металла) следует укладывать на поверхность покрытия сразу же после окончания бетонирования.

Температуру  $t_\tau$  остывания бетона к концу периода  $\tau$ , при котором бетон набирает прочность не менее 70 % проектной с учетом тепла, возникающего в результате изометрического процесса, определяют по формуле:

$$t_\tau = t_n e^{-k\tau} + L(1 - e^{-k\tau}) + N(e^{-m\tau} - e^{-k\tau}),$$

$$\text{где } k = \frac{A_1 + A_2}{C}, \text{ м/ч; } L = \frac{A_1 t_6 + A_2 t_2}{A_1 + A_2}, \text{ } ^\circ\text{С; } N = \frac{\gamma_u V_6 B}{A_1 + A_2 - mC}, \text{ } ^\circ\text{С;}$$

$$A_1 = \frac{\lambda_y F_y}{h_y}, \text{ ккал} \cdot \text{м} / ^\circ\text{С} \cdot \text{ч; } A_2 = \frac{\lambda_n F_n}{h_n}, \text{ ккал} \cdot \text{м} / ^\circ\text{С} \cdot \text{ч.}$$

$t_n$  – начальная температура бетона, °С;  $\tau$  – продолжительность твердения бетона до 70 % прочности, ч;  $C$  – объемная теплоемкость 1 м<sup>2</sup> покрытия, ккал / °С, равная  $C = \gamma_6 hc$ , где  $c$  – удельная теплоемкость ккал / кг·°С;  $h$  – толщина покрытия, м;  $t_6$  – температура воздуха °С;  $t_2$  – температура грунта под термоизоляцией, °С;  $\gamma_u$  – масса цемента в 1 м<sup>3</sup> бетона, кг/м<sup>3</sup>;  $V_6$  – объем цементобетона в 1 м<sup>2</sup> покрытия, м<sup>3</sup>;  $B, m$  – параметры, характери-



зующие экзотермический процесс (тепловыделение 1 кг цемента в ккал при температуре 15° С). Например, для портландцемента класса В30 – параметр  $B = 0,76$ ; класса В22,5 – параметр  $B = 0,6$  для бетонов этих классов  $m = 0,01$ . При температуре твердения от 15 до 0° С значение параметра  $B$  уменьшается на 40-50 %;  $\lambda_y$   $\lambda_n$  – коэффициенты теплопроводности утеплителя и основания покрытия, ккал / ( м · ч ° С);  $F_y$  и  $F_n$  – площади утеплителя и основания покрытия (при определении  $A_1$  и  $A_2$  площади  $F_y$  и  $F_n$  принимаются равными 1 м<sup>2</sup>);  $h_y$  и  $h_n$  – толщины слоя утеплителя и искусственного основания, м;  $e$  – основание натуральных логарифмов.

В табл. 6.3. приведены расчетные теплофизические характеристики некоторых материалов, используемых в качестве утеплителей.

**Таблица 6.3. Теплофизические характеристики некоторых материалов, используемых в качестве утеплителей цементобетонных покрытий, устраиваемых при отрицательных температурах воздуха**

Материал	Удельный вес, кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , ккал / (м · ч ° С)	Удельная тепло- емкость $c$ , ккал / кг · ° С
Сухой песок	1600	0,5	0,2
Плиты торфяные	300	0,055	0,55
Древесноволокнистые плиты	600	0,09	0,55
Рубероид, пергамин, толь	600	0,15	0,35
Плиты из минеральной ваты	200	0,06	0,20
Плиты пенополистирольные	150	0,04	0,03
Снег свежесвыпавший	200	0,09	0,50

При зимнем бетонировании следует использовать те же составляющие бетона, что и при летних условиях. Вместе с тем, в качестве вяжущего предпочтительнее выбирать быстротвердеющие портландцементы высоких классов прочности, а также цементы, обеспечивающие возможно большую морозостойкость бетона, например, с повышенным содержанием алита.

Перед бетонированием искусственного основания или покрытия из цементобетона необходимо сохранить как можно больше тепла в грунте, а также в цементобетонной смеси в процессе её погрузки, транспортирования, укладки в покрытие и в период твердения.

Бетонную смесь следует укладывать на незамерзшее основание, которое следует заблаговременно утеплять.

Укладку цементобетонной смеси в покрытие или искусственное основание осуществляют теми же машинами и методами, что и в летнее время при нормальных температурных условиях.

Подогретую бетонную смесь следует транспортировать в автомобилях-самосвалах с кузовами, обогреваемыми выхлопными газами и оборудованными тентами.

При устройстве в зимних условиях монолитных цементобетонных покрытий с применением комплектов машин со скользящими формами необходимо обеспечить их работоспособность и нормальное функционирование систем управления курсом и задания вертикальных отметок.

Разрывы во времени между распределением бетонной смеси и отделкой поверхности покрытия сокращают до возможного минимума. Длину полосы, предназначенную для отделки, рекомендуется принимать не более 5-10 м. Поливка бетонного покрытия водой и растворами солей в период отделки поверхности покрытия не допускается.

Укладка бетонной смеси при снегопадах запрещается.

Укрытие поверхности бетона и рельс-форм утеплителем следует производить немедленно после отделки поверхности плит, не допуская её быстрого остывания и замораживания. Для предотвращения испарения влаги из свежееуложенного бетона перед его утеплением поверхность покрытия (основания) необходимо накрыть синтетической пленкой, битуминизированной бумагой, пергамином, толем или другими рулонными материалами. На них укладывают теплоизоляционные материалы, указанные в табл. 6.3. Допускается на слой утеплителя укладывать свежесвыпавший снег. Утеплитель сохраняют на поверхности покрытия до наступления устойчивых положительных температур, пока бетон не наберет требуемой прочности, после чего утеплитель снимают и в течение 15 сут продолжают уход за бетоном, возобновившем гидратацию цемента.

Работы по бетонированию аэродромных сооружений ведут при систематическом контроле температуры и набора прочности бетоном. Данные о температуре бетона, его прочности, толщине и виде теплоизоляции заносят в журнал производства работ.

По цементному покрытию, построенному в условиях низких и отрицательных температур, движение транспортных средств разрешается открывать, когда бетон достигнет прочности не менее 100 % проектной.

## **6.8. Организация строительства монолитных цементобетонных покрытий**

Организация строительства предусматривает: научно-обоснованное планирование капитальных вложений; проектирование; создание производственно-технической базы; выявление потребности в ресурсах и обеспечение ими; а также применение научных методов организации возведения сооружений, управления и оперативного руководства с достижением оптимальных экономических результатов – наименьших сроков строительства, затрат труда и материально-энергетических ресурсов.

На каждый объект или объем строительства проектной организацией разрабатываются проекты, содержащие заблаговременно принятые решения по строительству того или иного аэродромного сооружения.

В целях обеспечения своевременного ввода объектов строительства с наименьшими затратами, а также для планирования капитальных вложений и

объемов строительства при разработке технического и техно-рабочего проекта составляют проект организации строительства (ПОС).

Для эффективного выполнения отдельных видов строительно-монтажных работ и оперативного управления строительным производством на стадии разработки рабочих чертежей составляют проект производства работ (ППР). Цель проектирования организации строительного производства состоит в обеспечении окончания строительных работ и ввод строящегося аэродромного сооружения в эксплуатацию в наикратчайшие сроки при наименьшей их стоимости и высоком качестве строительной продукции. Поставленные цели достижимы при условиях:

- производства строительных работ согласно разработанным техническим проектам, охватывающим в технологической последовательности и поэтапно все строительные процессы;
- выполнения строительных работ поточным или, в необходимых случаях, поточно-скоростным методом. При поточном методе достигается последовательное выполнение однородных комплексов работ на всех захватках и параллельное (совмещенное) выполнение разнородных комплексов работ в рамках установленного производственного ритма. При этом обеспечивается высокая производительность труда, ускорение производства и сокращение общей продолжительности строительства по сравнению с другими его методами. Поточно-скоростным считается метод (при экономической целесообразности его применения) с предельно возможным совмещением работ, максимальным насыщением их техникой и размещением наибольшего числа рабочих на объекте. Этот метод обеспечивает кратчайшие сроки строительства благодаря:
  - максимальному использованию принципов параллельного ведения работ; высокой интенсивности потребления материально-технических ресурсов; максимальному насыщению строительства рабочей силой;
  - круглосуточного производства работ в три смены, позволяющего рационально использовать строительную технику, транспорт, рабочую силу;
  - использования новейших достижений строительной науки и передового производственного опыта;
  - повышения уровня индустриализации аэродромного строительства путем внедрения новейших комплектов машин и механизмов, а также экономических транспортных средств, способствующих повышению производительности труда, снижению трудоемкости технологических процессов и обеспечивающих снижение затрат и сокращение сроков строительства.

Проект производства работ (ППР) оценивают следующие экономическими показателями:

- стоимость строительных работ;
- уровень механизации технологических процессов;
- экономический эффект, получаемый в результате ускорения строительства;
- оборачиваемость средств;

- постоянный рост производительности труда;
- необходимое количество рабочей силы и механизмов.

Проект производства работ является руководящим техническим документом по производству, оперативному планированию, контролю и учету строительных работ.

Строительство объектов без утвержденных проектов производства работ не допускается.

Проект производства работ включает в себя:

- комплексный сетевой график или календарный план производства работ с уточненными объемами основных работ по рабочим чертежам и отдельно по специализированным потокам;
- уточненный перечень подготовительных работ и график их выполнения;
- график поступления на объект строительства основных материалов и изделий с наименованием поставщиков;
- график движения рабочей силы по профессиям и квалификации;
- график работы основных строительных машин бетоноукладочных комплексов, экскаваторов, бульдозеров, катков, кранов и др.;
- строительный генеральный план с детализированным и уточненным расположением постоянных зданий и сооружений, транспортных путей, подземных и наземных инженерных сетей, примыкающих к строящемуся аэродромному сооружению;
- индивидуальные и типовые технологические карты для отдельных участков работ с описанием способов производства работ и указанием сведений о составе рабочих бригад и их оснащении машинами, средствами малой механизации, инвентарем и инструментами;
- рабочие чертежи плана, поперечных и продольных профилей грунтового основания, водоотводной и дренажной системы и аэродромных покрытий;
- указания по охране труда и технике безопасности;
- пояснительную записку, содержащую обоснование основных принятых решений проекта организации строительства, потребность в рабочей силе, материалах, машинах, принятой технологии, очередности поточного строительства, расчет интенсивности потоков.

Высшей формой механизации строительства является автоматизация строительных процессов, когда их осуществление и управление производится без участия человека. Автоматизация может быть полной и частичной. В первом случае весь технологический процесс автоматизирован и ни на одном из его этапов человек не задействован. Во втором случае автоматизация может охватывать отдельные участки производственного процесса, а остальные его участки осуществляются с участием человека.

Автоматизация производственных процессов в аэродромном строительстве осуществляется по следующим этапам:

- автоматизация управления производственными процессами на заводах по приготовлению цементобетонных смесей, на дробильно-сортировочных и обогатительных установках, битумоплавильных базах;

- автоматический контроль и автоматизированное управление работы бетоноукладочных машин;
- автоматический контроль за качеством выполняемых работ (ровность и толщина укладываемого слоя покрытия или основания, степень уплотнения, соблюдение заданных уклонов поверхности);
- автоматический контроль за эффективным использованием техники (заполнение ковша скрепера, загрузка кузовов автомобилей и др.).

Строительные работы следует осуществлять равномерно на протяжении календарного года. Продление строительного сезона за счет сезона с отрицательными температурами позволяет повысить коэффициент использования строительных машин, значительно сократить сроки ввода объектов в эксплуатацию, более рационально использовать рабочую силу.

В состав проекта организации строительства (ПОС) или проекта производства работ (ППР) входят линейные календарные графики, являющиеся одними из основных технических документов этих проектов. Благодаря этим графикам можно наглядно представить себе весь комплекс работ по строительству того или иного объекта. Тем не менее эти графики не могут быть использованы для достаточно полной связи всех выполняемых на строительстве объекта работ в единый комплекс. Расчет потребных ресурсов и сроков для выполнения всех необходимых работ и их взаимоувязку во времени гораздо легче осуществлять, используя систему сетевого планирования и управления (СПУ). Эта система позволяет, с одной стороны, планировать последовательность выполнения работ, целенаправленное использование и взаимодействие ресурсов, а с другой – производить в процессе строительства (с учетом возможного изменения обстоятельств) корректировку первоначального плана и соответствующие поправки в организацию работ, концентрируя располагаемые ресурсы на наиболее трудных участках.

Основным документом СПУ является график производства работ. На нем представлено: графическое изображение очередности технологических процессов; их логические связи; время потребное на их выполнение; количество необходимых ресурсов и стоимость работ. Как в разработке, так и в использовании сетевых графиков можно выделить три этапа. На первом этапе разрабатываются укрупненные сетевые графики на основе ПОС. На втором – детальные сетевые графики ППР. На третьем – сетевые графики контроля оперативного управления строительством и контроля хода работ. Эти графики допускают корректировку согласно реальным условиям производства работ.

Для составления сетевых графиков необходимо располагать: заданными сроками строительства, проектно-сметной документацией, сведениями о потребных для строительства ресурсах, а также возможной дополнительной информацией, поступившей во время разработки сетевых графиков. В ПОС и ППР наряду с сетевыми графиками сохраняют свое значение и линейные календарные графики организации работ, наглядно отражающими параметры потока: его скорость и направление, взаимодействие, длину участка работы потока. Сетевые графики, как правило, используют для тотальной разработки

мероприятий по производству работ, направляемых на выполнение основных задач, укрупнено зафиксированных линейным календарным графиком: обеспечение сроков ввода отдельных участков аэродромных сооружений или сооружений в целом, повышение эффективности использования трудовых, энергетических и материально-технических ресурсов. Сетевые графики более целесообразны чем линейные календарные при проектировании организации строительства и производства работ на сложных объектах, таких, например, как аэропорты. Сетевые графики должны быть строго увязаны с финансированием строительства. При отсутствии такой увязки сетевые графики теряют свою эффективность для производства работ.

Для разработки линейных календарных или сетевых графиков по устройству монолитных цементобетонных покрытий необходимо учитывать весь комплекс работ по строительству данного аэродромного сооружения, например, подготовительных, вертикальной планировки, устройству водоотводной и дренажной системы, искусственных оснований и др. Исходя из этого, проектирование потока по устройству покрытий увязывается с проектированием потоков других важных работ и подбирается наиболее приемлемая схема бетонирования покрытий ВПП, РД, перрона, МС и др. сооружений. Обычно применяют две схемы бетонирования – продольную и продольно-участковую (рис. 6.28).

Рис. 6.28. Возможные схемы бетонирования цементобетонных покрытий:

*a* – продольная; *b* – продольно-участковая; *I* – с одним маячным рядом, начиная от обочины; *II* – с одним маячным рядом, начиная от середины; *III* – с двумя маячными рядами; *1, 2, 3...* – последовательность бетонирования рядов (полос)

Продольную схему применяют при бетонировании аэродромного сооружения (ВВП, РД) продольными рядами (полосами) сразу на всю длину сооружения (от начала до конца).

Продольно-участковая схема используется, когда бетонирование осуществляется продольными рядами (полосами) сразу не на всю длину сооружения, а на его участках ограниченной длины. К бетонированию следующего участка приступают после окончания бетонирования покрытий по всей ширине предыдущего участка.

Бетонирование покрытий аэродромных сооружений по обеим схемам начинают с устройства одного или нескольких маячных рядов (полос), которые являются направляющими и фиксирующими отметки покрытия в местах их укладки. После окончания бетонирования маячного ряда или рядов приступают к бетонированию остальных рядов покрытия. При использовании схемы с одним маячным рядом бетонирование можно вести от середины и от обочины, укладывая ряды (полосы) цементобетона впритык друг к другу, начиная от маячного ряда. Если предусматривается использование нескольких маячных рядов, то после них приступают к бетонированию промежуточных полос между ними, а также между ними и обочинами. Выбирая ту или иную схему бетонирования, принимают во внимание: условия наиболее рационального использования машин; возможность использования забетонированных участков покрытий для проезда бетоновозов, автосамосвалов, самоходных машин и механизмов к месту укладки бетонной смеси; обеспечение наиболее эффективного отвода поверхностных вод с бетонируемых продольных рядов или их участков; особенности вертикальной планировки аэродромных покрытий. Во многих случаях этим требованиям отвечает продольная схема бетонирования с одним маячным рядом. Если на всем протяжении бетонируемого аэродромного покрытия и по всей его ширине выполнена вертикальная планировка грунтового основания, а аэродромное покрытие является однослойным, то наиболее предпочтительной является продольная схема бетонирования с его началом от верховой обочины. При двухскатном поперечном профиле аэродромного покрытия целесообразнее начинать бетонирование от оси аэродромного покрытия.

Продольную схему с несколькими маячными рядами обычно применяют при относительно небольшой длине аэродромных сооружений (предангарная площадь, грунтовые МС, пассажирский перрон, участки удлинения ВПП и магистральных РД), когда бетонирование продольных рядов покрытия невозможно, поскольку ранее уложенное покрытие не успевает набрать требуемую прочность для возможности движения по нему бетоноукладочных машин, а также машин для подвоза бетонной смеси. Следует отметить, что схема бетонирования покрытий аэродромных сооружений с несколькими маячными рядами имеет существенные недостатки:

- затруднен отвод поверхностных вод;
- необходимость при бетонировании маячных рядов подвоза бетонной смеси по подготовленному корыту или искусственному основанию, что вле-

чет за собой последующие работы по устранению образовавшейся на их поверхности повреждений ;

- усложнение использования бетоноукладочных машин с рельс-формами, связанное с необходимостью неоднократной смены одноресбордных колес на безресбордные. При это затрудняется управление движением машин, снижается их производительность и качество отделки поверхности покрытия.

В случаях выполнения работ по подготовке и вертикальной планировке участков строительства аэродромных покрытий в один сезон с устройством аэродромных покрытий продольную схему в большинстве случаев не удастся использовать, особенно при наличии участков с большими объемами сосредоточенных земляных работ, связанных, например, с выторфовыванием, удалением глинистых грунтов мягко- и текучепластичной консистенции, насыпных и других сильно сжимаемых грунтов, а также срезки всхолмлений, насыпки крупных тальвегов, западин, блюдца и других неровностей рельефа. В этих случаях применяют продольно-участковую схему, а длину рядов (полос) укладки бетонной смеси назначают максимально возможной из условия набора прочности уложенным бетоном не менее 60 % проектной, достаточной для возможности подвоза по ней бетонной смеси. Ориентировочно эта прочность может быть определена по графику изменения прочности цементобетона заданного класса на сжатие при различных температурах твердения во времени (рис. 6.29).

Рис. 6. 29. График зависимости прочности цементобетона на сжатие ( $R_{сж}$ ) при различных температурах твердения ( $t$ ) во времени  $T$

Максимально возможная длина участка бетонирования при использовании продольно-участковой схемы позволит в максимальной степени использовать преимущество продольной схемы, особенно, если бетонирование будет вестись

от оси (середины) покрытия. В этом случае одну полосу маячного ряда можно использовать для бетонирования двух смежных полос, что нельзя сделать при бетонировании с одной маячной полосы от обочины (рис 6.19).

Принимая во внимание зависимости, изображенные на рис. 6 20, минимально допустимая длина ( $l_{\min}$ ) участка ряда (полосы) бетонирования (маячного ряда) при бетонировании от оси покрытия может быть определена по формуле

$$l_{\min} = \frac{V_{сум} T}{2};$$

а при бетонировании от обочины



$$l_{\min} = V_{\text{сут}} T,$$

где  $V_{\text{сут}}$  – скорость потока бетонных работ, пог м/сут;

$T$  – время выдерживания бетона (в сутках), необходимое для набора им прочности, достаточной для возможности движения бетоноукладочных машин, бетоновозов и автосамосвалов. Это время устанавливается в лаборатории в зависимости от класса бетона, температуры твердения и толщины покрытия. Оно может изменяться от 2 до 12 сут.

Обычно для производства работ по устройству монолитных цементобетонных покрытий организуют одну комплексную бригаду в составе от 30 до 50 чел в зависимости от конструкции аэродромного покрытия. Участки покрытия аэродромного сооружения при продольной и продольно-участковой схеме бетонирования делят на захватки. Размеры захватки определяют из условия нормального размещения машин и рабочих. Длина захватки, как правило, принимается равной односменному или двухсменному темпу продвижения потока, определяемому производительностью ведущей машины, которой может быть распределитель бетонной смеси или бетоноукладчик.

С целью детализации проекта бетонных работ на отдельные работы, входящие в комплекс работ по устройству аэродромных покрытий, составляются технологические карты, содержащие описание рабочих процессов в их технологической последовательности с расчетом потребности в материалах и средствах механизации.

В технологическую карту входят: сведения о технологической последовательности рабочих процессов (табл.6.4); технологическая схема потока по строительству цементобетонного покрытия комплектом машин со скользящими формами (рис. 6.30); сведения о составе комплексной бригады и средств механизации (табл. 6.5); сменный график производства работ (рис. 6.31).

На рис 6.30 представлена технологическая схема потока на строительстве продольного ряда плит (полосы) аэродромного покрытия шириной 7,5 м и толщиной 30 см комплектом машин ДС-100.

Рис. 6.30. Технологическая схема потока строительства однослойного цементобетонного покрытия комплектом машин ДС-100 (ДС-110):

*I* – распределение, укладка и уплотнение цементобетонной смеси; окончательная отделка поверхности покрытия и розлив на поверхности свежееуложенного цементобетона пленкообразующих материалов; *II* – нарезка поперечных швов; *III* – заполнение швов мастикой; *1* – копирная струна; *2* – автомобиль-самосвал; *3* – бетоноукладчик ДС-101; *4* – бетоноотделочная машина ДС-104; *5* – распределитель пленкообразующих материалов ДС-105; *6* – четырехдисковый нарезчик ДС-112; *7* – однодисковый нарезчик ДС-506; *8* – компрессор; *9* – заливщик швов ДС-67

Таблица 6.4. Технологическая последовательность строительства продольного ряда (полосы) цементобетонного аэродромного покрытия комплектом машин со скользящими формами

№ № процессов	№ № захваток	Источник обоснования норм выработки и расчеты	Описание технологических процессов в порядке их последовательности при скорости потока 840 м/смену	Единица измерения	Объем работ в смену	Производительность в смену	Потребность машино-смен
1	I	Расчет	Подвозка цементобетонной смеси автосамосвалами (10 т) на расстояние 5 км с разгрузкой её на искусственное основание	м <sup>3</sup>	1890	84	22,5
2	I	ЕНиР Е 17-15 № 1, б	Распределение, дозирование, уплотнение и формирование бетонной смеси бетоноукладчиком ДС-101 с рабочей скоростью 2 м/мин	м <sup>2</sup>	6300	6308	0,998
3	I	ЕНиР Е 17-15 № 1, б	Окончательная отделка поверхности цементобетонного покрытия бетоноотделочной машиной ДС-104	м <sup>2</sup>	6300	6308	0,998
4	I	Расчет	Розлив пленкообразующего материала на поверхности покрытия распределителем пленкообразующих материалов ДС-105	м <sup>2</sup>	6300	6308	0,998
5	II	Технологическая карта	Нарезка поперечных швов в затвердевшем бетоне нарезчиком	п м	832,5	707	1,17

6	II	Технологическая карта	Заполнение герметиком температурных швов заливщиком швов с предварительной очисткой и продувкой сжатым воздухом	п м	832,5	1000	0,832
---	----	-----------------------	---	-----	-------	------	-------

**Таблица 6.5. Сведения о составе комплексной бригады и средств механизации на строительстве монолитного цементобетонного аэродромного покрытия**

Комплект строительных машин ДС-100	Количество машин и коэффициент их внутренней загрузки	Квалификация рабочих комплексной бригады	Количество рабочих
Бетоноукладчик ДС-101	1 (0,998)	Машинисты 6-го разряда	1
Бетоноукладочная машина ДС-104	1 (0,998)	Машинисты 5-го разряда	3
Распределитель пленкообразующих материалов ДС-105	1 (0,998)	Машинисты 4-го разряда	4
Нарезчик швов	2 (0,588)	Машинисты 3-го разряда	1
Заливщик швов	1(0,832)	Машинист 3-го разряда	1
		Дорожные рабочие при машинах:	
		4-го разряда	3
		3-го разряда	4
		2-го разряда	6
Автомобили-самосвалы (10 т)	23 (0,978)	Водители 3-го класса	24
		Рабочие на ремонте машин 4-го разряда	3
		Всего рабочих в смену	50

В технологическую карту входит также сменный график производства работ (рис.6.31), выполняемых при бетонировании цементобетонного покрытия. Работы целесообразно организовывать в две смены (на двух рядах продольного бетонирования) бетоноукладчиком ДС-101, бетоноотделочной машиной ДС-104 и распределителем пленкообразующих материалов.

Проекты организации строительства и производства работ должны способствовать повышению экономической эффективности капитальных вложений путем снижения сметной стоимости строительства и себестоимости строительно-монтажных работ, сокращению продолжительности строительства и повышению качества работ. Они должны предусматривать: наиболее прогрессивные формы организации и управления строительным

Рис. 6.31. Сменный график работ по устройству монолитного цементобетонного покрытия комплектом машин со скользящими формами ДС-100 (110)

процессом; специализацию подрядных строительных организаций; достижение непрерывности и равномерности осуществления строительства; эффективное использование ресурсов и производственных мощностей; комплексную механизацию работ с применением наиболее эффективных комплектов машин и максимальное использование их по производительности и по времени, а также применение средств малой механизации; уменьшение объема временных зданий и сооружений для нужд строительства при его осуществлении на том или ином объекте.

## **6.9. Контроль качества строительных материалов, работ и конечной строительной продукции**

Важнейшим условием получения высококачественной строительной продукции является осуществление систематического контроля за соблюдением требований нормативно-технической и проектной документации как в процессе строительства, так и по его завершении. Этот контроль возлагается на инженерно-технический персонал, руководящий производством строительных работ, и на лабораторию, осуществляющую его согласно положению о лабораториях в аэродромно (дорожно)-строительных организациях.

Контроль качества строительных работ и материалов осуществляется на всех этапах строительства цементобетонных монолитных аэродромных покрытий и их оснований. Прежде чем начинать очередную работу необходимо осуществить проверку предыдущей. Так, перед началом бетонирования покрытия следует проверить качество подготовки искусственного основания (его толщину, отметки и уклоны поверхности, его ровность, степень уплотнения материала основания, наличие и содержание актов на скрытые работы и специальных журналов ведения строительных работ).

До бетонирования армо- и железобетонных аэродромных покрытий контролируют соответствие стальной арматуры требованиям проекта, положение её в плане и по высоте, расстояние между продольными и поперечными стержнями и диаметр стержней, места сварки и их количество, качество сварки, отсутствие искривленных и покрытых ржавчиной стержней. Отклонение установки арматуры по высоте не должно превышать 5 мм при обязательном обеспечении минимальной толщины защитного слоя. Тщательному контролю подлежит способ установки арматуры по условию сохранности его проектного положения при бетонировании (укладке) бетонной смеси в покрытие.

Обязательному контролю подлежит точность установки и крепление рельс-форм или копирных струн, установка элементов стыковых соединений (при использовании бетоноукладчиков, не оборудованных устройством для укладки арматурных стержней в поперечных деформационных швах сжатия).

При изготовлении и укладке бетонной смеси лабораторией контролируется :

- качество материалов;
- состав бетона и назначение дозировки материалов;
- правильность хранения материалов;
- приготовление бетонной смеси по однородности, подвижности и жесткости;

- объем вовлеченного в бетонную смесь воздуха как на месте её приготовления, так и на месте её укладки в дело;
- соответствие прочности и морозостойкости бетона заданному классу путем изготовления и испытания контрольных образцов;
- транспортирование, распределение и уплотнение бетонной смеси, отделка покрытия, включая устойчивость кромок и боковых граней, толщина и ширина покрытия после прохода бетоноукладчика со скользящей опалубкой;
- условие твердения и набор прочности бетона в заданные сроки;
- ведение технической отчетности по контролю качества материалов, приготовления смеси и прочности бетона.

Все материалы для изготовления бетонной смеси (цемент, песок, крупный заполнитель, вода и добавки) при поступлении на строительство должна проверять лаборатория центрального бетонного завода (ЦБЗ) или центральная лаборатория. Качество материалов проверяется по паспортам, внешним осмотром, отбором проб и их испытаниями в лаборатории согласно действующим стандартам. Качество цемента проверяется при поступлении каждой партии, а при длительном хранении – ежемесячно (через каждый месяц после первого). При этом определяют (не менее чем по одному испытанию) нормальную плотность и сроки схватывания цементного теста, равномерность изменения объема, тонкость помола и активность цемента.

Качество песка оценивают путем определения не менее одного раза в смену влажности, зернового состава, модуля крупности, содержания пылеватых и глинистых частиц отмучиванием. Влажность песка определяют также после дождя или её явного изменения.

Контроль качества крупного заполнителя производят путем определения не менее одного раза в смену влажности, зернового состава, содержания частиц меньше 5 мм и содержания пылеватых и глинистых частиц. Остальные испытания крупного заполнителя (содержание зерен лещадной и иглообразной форм, предел прочности на сжатие исходной горной породы, потери её массы, содержание зерен слабых пород и морозостойкость) производят в том случае, если при визуальном осмотре партии прибывшего заполнителя установлены явные несоответствия с паспортными данными. Влажность крупного заполнителя следует дополнительно определять после дождя или её очевидного изменения.

Концентрация рабочих растворов добавок поверхностно-активных веществ следует контролировать не менее одного раза в смену и после приготовления новой порции раствора в расходной емкости.

Бетонную смесь необходимо готовить только в исправных, хорошо отрегулированных и отлаженных смесителях с проверенными перед началом работ и четко отрегулированными дозирующими устройствами.

Однородность бетонной смеси контролируется визуально и, при необходимости, отладка дозаторов и режима перемешивания производится периодически, но не реже двух раз в смену.

Контрольные проверки дозаторов следует производить в процессе работы завода не реже одного раза в месяц с оформлением акта проверки. Независимо от этого все весовые устройства должны проходить плановую проверку в установленные сроки, а также после ремонта. Правильность дозирования материалов должна контролироваться согласно рабочему составу бетона. Необходимо проверять последовательность загрузки всех материалов, продолжительность перемешивания, однородность и подвижность бетонной смеси. Подвижность (жесткость) следует проверять также при каждом изменении состава бетона или переходе на новые партии цемента и заполнителей.

Необходимо тщательно контролировать дозирование цемента, воды и растворов добавок поверхностно-активных веществ. В случае обнаруженных отклонений от заданной дозировки или других изменений представитель лаборатории должен незамедлительно проинформировать руководителя работ и принять меры к устранению повлекших их причин.

Выданный лабораторией рабочий состав бетонной смеси должен корректироваться при изменении влажности мелкого и крупного заполнителей более чем на 1 %.

При одних и тех же исходных материалах и их дозировке подвижность бетонной смеси, объем вовлеченного воздуха и плотность должны быть постоянными. Отклонение этих показателей от постоянных значений свидетельствует о нарушениях дозировки материалов или ухудшении их качества (зернового состава, влажности), что требует оперативного вмешательства лаборатории.

Подвижность бетонной смеси на бетонном заводе определяется согласно ГОСТ на дорожный бетон не менее двух раз в смену, а также в случае явного изменения свойств бетонной смеси по двум пробам из произвольно выбранных замесов (но не в начале или в конце смены) с интервалом в 3-4 ч. На месте укладки её подвижность контролируют после разгрузки смеси из транспортных средств и распределения её в укладываемый ряд (полосу) на каждые 100 м длины.

Количество вовлеченного воздуха в бетонную смесь должно контролироваться не реже двух раз в смену на бетонном заводе согласно ГОСТ и другим действующим инструктивным документам.

Контроль объема вовлеченного воздуха в бетонную смесь на месте бетонирования должен производиться не реже одного раза в смену и не менее одного раза на каждые 200 м укладываемого ряда (полосы) согласно ГОСТ 10181.3-81.

Плотность бетонной смеси следует контролировать на ЦБЗ не реже одного раза в смену и во всех случаях изменения дозировки компонентов в соответствии с ГОСТ на дорожный бетон.

Контроль прочности бетона должен производиться на ЦБЗ и непосредственно на месте укладки. Контроль прочности бетона в готовом покрытии допускается осуществлять либо с помощью испытания кернов, либо ультразвуковым способом (импульсным методом). Известен также метод контроля

прочности бетона с помощью электронноакустических приборов [4]. импульсный и звуковой методы определения прочности бетона относятся к неразрушающим методам, более эффективным и не требующим дополнительных затрат времени на изготовление испытательных образцов (кернов), вырезаемых из готового покрытия.

Морозостойкость бетона в процессе строительства проверяется согласно указаниям ГОСТа на методы определения морозостойкости (ГОСТ 1060-87).

Для определения степени уплотнения бетонной смеси отбирают пробы в металлические цилиндрические формы, устанавливаемые до распределения бетонной смеси и извлекаемые из неё после её уплотнения. Извлеченные формы очищают от прилипшего бетона, а излишек смеси срезают. Затем формы взвешивают, определяют фактическую плотность уплотненной бетонной смеси, содержащейся в форме, и сравнивают полученный результат с теоретической (проектной) плотностью. Уплотнение считается достаточным, если коэффициент уплотнения (отношение указанных плотностей) равен 0,98 или выше.

Состояние поверхности покрытия оценивают визуальным осмотром, устанавливая наличие или отсутствие на ней раковин, трещин, щебенистых мест, наплывов на боковых поверхностях, неровность кромок.

Неровности и дефекты поверхностей железобетонного покрытия после прохода бетоноукладчика со скользящими формами исправляются с помощью трубчатого финишера. Дефектные места на боковой грани и кромке покрытия при бетонировании в скользящих формах исправляют с помощью приставной опалубки. В случае устройства покрытий рельсовым бетоноукладчиком отдельные неровности и раковины ликвидируют путем дополнительных проходов бетоноукладчика или вручную шаблоном, используя мостки, передвигающиеся по рельс-формам. Добавление воды в уплотненный бетон при отделке поверхности покрытия не допускается.

Ровность покрытий и оснований в процессе их строительства (операционный контроль) проверяют трехметровой рейкой с клином (промерником), стрелочным прибором или передвижными многоопорными рейками. При инспекционном и приемочном контроле просветы под рейкой с клином измеряют в пяти точках, расположенных на расстоянии 0,5 м друг от друга и концов рейки. Рейка прикладывается к поверхности покрытия через равные расстояния. Разрешается также использовать передвижные двухопорные рейки не ранее чем через 10-12 ч после укладки бетона, когда он уже схватится. Ровность определяется по показаниям реек с помощью уравнений, приведенных в инструкциях по их применению. Рейки обычно применяют при операционном и приемочном контроле на участках покрытия небольшого протяжения. На участках значительной длины (1-4 км и более) можно использовать автомобильные установки типа ПКРС. Графическая запись показателя ровности позволяет наметить места для детальных измерений ровности с помощью реек. Отклонение фактических замеров ровности (просветов между рейкой и поверхностью покрытия) от проектного высотного положе-



ния поверхности аэродромного покрытия в процессе операционного контроля допускается в пределах, указанных в табл. 6.6.

При приемке выполненных работ надлежит произвести: освидетельствование аэродромного сооружения или его части в натуре, контрольные замеры, проверку результатов производственных и лабораторных испытаний строительных материалов и контрольных образцов, записей в общем журнале работ и специальных журналах по выполняемым отдельным видам работ и предъявить техническую документацию в соответствии с действующими строительными нормами и правилами.

Приемке подлежат: скрытые работы с целью определения возможности дальнейшего производства работ, законченные конструктивные элементы, законченное бетонное покрытие.

Акты на скрытые работы с оценкой их качества и соответствия проекту составляются: при приемке естественного и искусственного оснований, устройстве выравнивающего слоя (если он предусмотрен проектом), закладных элементов швов и арматуры, установке рельс-форм и копирных струн.

При сооружении аэродромных покрытий, которые рассчитаны под нормативную нагрузку внекатегорийную (в/к), I, II и III категории, а также в случае применения для устройства покрытий новых нетиповых конструкций и материалов приемочный контроль должен осуществляться, как правило, с учетом результатов измерений специализированных испытательных организаций. Общую оценку качества работ при приемке цементобетонных покрытий устанавливают по трем показателям: прочности цементобетона, качеству швов и ровности поверхности покрытия.

Покрытие следует принимать при достижении бетоном проектной прочности. Оно должно быть предъявлено к приемке с очищенной поверхностью. Мелкие дефекты (неровности, раковины и др.) до начала приемки должны быть устранены.

При приемочном контроле результаты контрольных измерений должны соответствовать требованиям действующих строительных норм и правил по строительству, реконструкции, расширению и техническому перевооружению аэродромов всех классов и назначений, а также вертодромов [22].

Объем контрольных измерений по всем трем показателям оценки качества работ при приемке цементобетонных покрытий и другим показателям и размерам должен быть не менее 20 % объема измерений при операционном контроле (при этом число измерений должно быть не менее 20). Показатели, свидетельствующие об удовлетворении требований по обеспечению прочности аэродромных покрытий и составных их элементах (обеспечиваются расчетами и требованиями к стройматериалам), ровности и шероховатости поверхности, приведены в табл. 6.6.

Оценка ровности покрытий сооружений аэродромов производится не только вышеописанными методами или прямыми геодезическими измерениями вертикальной планировки. Существует и другое направление её оценки, основанное на использовании специальной аппаратуры. Такую аппаратуру размещают на автомобиле, самолете или буксируемой испытательной уста-

новке [16]. В процессе движения или буксировки при той или иной скорости измеряются усилия на элементы шасси, планера, конструкции на данном аэродромном покрытии. Такая оценка ровности не является прямой. Она представляет собой интегральный косвенный показатель, не позволяющий осуществить разработку конкретных мероприятий по устранению дефектов поверхности покрытия с целью улучшения его ровности, но позволяющий через передаточную функцию конкретного воздушного судна оценить динамические нагрузки на его различные конструктивные узлы.

В эксплуатационных нормах [16] для определения индекса ровности  $R$  предложена формула

$$R = 6.48 - \frac{4.62c}{0.21^{k-2}},$$

где  $c$  и  $k$  – коэффициенты, характеризующие соответственно уровень и форму спектральной плотности неровностей.

**Таблица 6.6. Нормативные требования к контролируемым параметрам конструктивных элементов аэродромных покрытий и видов работ при их строительстве**

Конструктивный элемент, вид работ и контролируемый параметр	Значения нормативных требований для категорий нормативных нагрузок		Метод контроля
	в/к, I, II и III	IV, V и VI	
1. Все слои искусственных оснований и аэродромных покрытий 1.1. Высотные отметки по оси каждого ряда	Не более 5 %	Не более 10%	Нивелирование
1.2. Поперечный уклон каждого ряда	результатов определений могут иметь отклонения от простых значений до $\pm 15$ мм остальные – до $\pm 5$ мм		
	То же, до 0,005, остальные – до $\pm 0,002$ (но не выше норм годности)		Расчет по результатам исполнительной геодезической съемки
2. Основания, выравнивающие прослойки и покрытия (кроме сборных железобетонных) 2.1. Ширина ряда укладки: монолитных бетонных, армобетонных, железобетонных покрытий (оснований); всех остальных типов оснований, покрытий и выравнивающих прослоек из пескоцементной смеси	То же, до $\pm 10$ см, остальные – до $\pm 5$ см		Измерение мерной лентой, рулеткой
2.2. Прямолинейность продольных и поперечных швов покрытий	То же, до $\pm 20$ см, остальные – до $\pm 10$ см		То же
	Не более 5 %	Не более 10%	Измерение
	результатов определений могут		

<p>2.3. Ширина пазов деформационных швов всех типов покрытий</p> <p>2.4. Толщина конструктивного слоя: цементобетонных оснований и всех типов покрытий;</p> <p>всех остальных типов оснований и покрытий</p>	иметь отклонения от прямой линии до 8 мм, остальные – до 5 мм на 1 м (но не более 10 мм на 7,5 м)	металлической линейкой по краю слоя
	Не менее проектной, но не более 35 мм	Измерение металлической линейкой или штангенциркулем
	Не более 5 %   Не более 10% результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений до минус 7,5 %, остальные – до минус 5 %, но не более 10 мм	Измерение металлической линейкой по краю слоя
	То же, до минус 7,5 %, остальные – до минус 5 %, но не более 20 мм	То же

Продолжение табл. 6.6.

Конструктивный элемент, вид работ и контролируемый параметр	Значения нормативных требований для категорий нормативных нагрузок		Метод контроля
	в/к, I, II и III	IV, V и VI	
2.5. Коэффициенты уплотнения конструктивных слоев асфальтобетона	То же, до минус 0,003, остальные – до минус 0,002		По ГОСТ 12801
2.6. Прочность бетона	Не ниже проектного класса прочности		По ГОСТ 18105
2.7. Морозостойкость бетона	Не ниже проектной марки		По ГОСТ 10060
2.8. Ровность по оси ряда (просвет под рейкой длиной 3 м) искусственных оснований;	Не более 2 %	Не более 5% результатов определений могут иметь значения просветов	По ГОСТ 30412
	до 10 мм	до 14 мм остальные до 7 мм	
всех типов покрытий и выравнивающих прослоек	То же, до 6 мм   8 мм остальные до 3 мм   5 мм		То же
2.9. Алгебраическая разность высотных отметок покрытия по оси ряда (точек, отстоящих друг от друга на расстоянии 5, 10 и 20 м)	Не более 5 % результатов определений могут иметь значения до 10, 16, 24 мм   14, 20, 28 мм		Нивелирование и расчет по формуле

2.10. Превышение граней смежных плит в швах монолитных жестких покрытий: поперечных; продольных	остальные до 5, 8, 16 мм	8, 12, 16 мм	$\frac{H_i + H_{i+2}}{2} - H_{i+1}$ , где $H_i, H_{i+1}, H_{i+2}$ – отметки смежных точек, м
	не более 10 %	не более 20%	Измерение металлической ли- нейкой или штан- генциркулем
	То же, до 10 мм, остальные – до 3 мм		То же
3. Длина покрытий ВПП, РД, МС и перрона по их осям	Не менее проектного значения		Измерение мерной лентой
4. Коэффициент сцепления колеса с покрытием ВПП	Не менее 0,45		По ГОСТ 30413 или измерение машиной АТТ-2 по мокрой поверхности покрытия

Состояние ровности покрытия рекомендуется оценивать в соответствии со следующей шкалой

$R \geq 5,0$  – отличная;

$R = 4,9-4,6$  – хорошая, ближе к отличной;

$R = 4,5-4,0$  – хорошая;

$R = 3,9-3,6$  – хорошая, ближе к удовлетворительной;

$R = 3,5-3,0$  – удовлетворительная;

$R = 2,9-2,6$  – удовлетворительная, ближе к критической;

$R = 2,5-2,0$  – критическая;

$R \leq 2,0$  – неудовлетворительная.

Индекс  $R$ , давая интегральную оценку ровности, сам по себе не позволяет выявить дефектные участки покрытия. Вместе с тем уже разработаны предложения об объединении результатов геометрического и спектрального (аппаратурного) способов для получения единого показателя при нормировании и оценке ровности аэродромных покрытий [16].

## 6.12. Техника безопасности и охрана труда при строительстве цементобетонных аэродромных покрытий и оснований

При сооружении цементобетонных покрытий и их искусственных оснований необходимо соблюдать правила охраны труда и техники безопасности при строительстве, ремонте и содержании аэродромов и требования действующих строительных норм и правил "Техника безопасности в строительстве", а также правила техники безопасности, изложенные в инструкциях по эксплуатации соответствующих машин. Необходимо также соблюдать требования нормативных документов, содержащих мероприятия по ограничению и

устранению вредного воздействия производственных шумов и вибрации рабочего места.

На объекте строительства аэродромных сооружений с искусственными покрытиями (основаниями) предусматриваются: санитарно-бытовые помещения, в которых должны быть аптечка с медикаментами и средствами оказания первой помощи; питьевая вода, помещения для приема пищи; гардеробные помещения; умывальники и др.

До начала работ по строительству аэродромных сооружений, в том числе и с цементобетонными покрытиями, необходимо: построить подъездные пути и объезды; на границах участков выставить дорожные знаки и предупредительные надписи; оградить участки работ; направить (если это требуется) движение транспортных средств в объезд; наметить безопасную для людей, занятых в строительстве, схему заезда и выезда из рабочей зоны автотранспорта, подвозящего бетонную смесь.

Посторонним людям запрещается находиться в пределах рабочей зоны, где происходит работа машин, занятых на строительстве аэродромных покрытий (оснований) и движение автосамосвалов, автокранов, автогрейдеров, бульдозеров, грузовых автомобилей и др. механизмов.

В зоне укладки цементобетона в дело движение автомобилей-самосвалов разрешается только по сигналу приемщика бетонной смеси. Перед началом движения водитель автомобиля-самосвала или бетоновоза должен подать звуковой сигнал.

Выгрузку цементобетонной смеси в бункер бетоноукладчика или распределителя можно производить, когда транспортное средство поставлено на ручной тормоз.

При работе комплекта бетоноукладочных машин их передвижение может производиться с подачей сигнала и только после отъезда автосамосвала или бетоновоза.

Поднятые кузова автомобилей-самосвалов следует очищать лопатами с удлиненной ручкой или скребками. Рабочие, занятые на очистке кузовов от бетонной смеси, должны находиться на земле или на специальном помосте.

К управлению машинами, используемыми при строительстве аэродромных сооружений, допускаются машинисты и операторы, получившие соответствующее обучение и удостоверение (сертификат) установленной формы, знающие устройство, правила управления и эксплуатации данной машины и её силовых агрегатов, а также правила техники безопасности работы на ней.

На площадке управления машиной запрещается находиться кому-либо, кроме машиниста и его помощника.

Работа на неисправных машинах, смазка или их ремонт на ходу запрещены. Все работы по техническому обслуживанию должны выполняться на остановленной машине.

При совместной работе бетонораспределительной, бетоноукладочной и бетоноотделочной машин дистанция между ними должна быть не менее 10 м. До остановки машин обслуживающий персонал не должен находиться между

ними, становиться на уплотняющий и отделочный вибробрусья и очищать рельс-формы перед движущимися машинами.

При работе ночью и в сумерках должно быть обеспечено надлежащие освещение машины и рабочего места.

Устройство швов в свежееуложенном или затвердевшем бетоне можно осуществлять при строгом соблюдении следующих требований:

- каждый режущий диск должен устанавливаться строго вертикально так, чтобы при вращении он касался стенки шва всей плоскостью;
- нарезку швов в затвердевшем бетоне надлежит выполнять только в защитных очках и при исправленном кожухе режущих дисков;
- нельзя регулировать и передвигать нарезчик швов при вращающихся дисках и работать при незафиксированном положении диска.

К работам по изоляции швов допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие специальный инструктаж по технике безопасности и аттестацию.

Лица, занятые на приготовлении, разогреве и транспортировании горячих мастик на основе битума должны быть предварительно проинструктированы о безопасных способах: загрузки и разгрузки варочного котла; варки, разогревания и транспортирования горячих мастик.

Все работающие с мастиками должны быть обеспечены спецодеждой (хлопчатобумажными комбинезонами, резиновыми сапогами, брезентовыми рукавицами и фартуками). Рабочие, заполняющие варочный котел потребными компонентами, входящими в состав мастик, должны работать в защитных очках и респираторах, а рабочие, занятые на приготовлении тиоколовых герметиков, – в резиновых перчатках и респираторах.

Для приготовления, транспортирования и использования мастик при заливке швов разрешается пользоваться только исправными инструментами и емкостью.

В процессе варки битумно-резиновых мастик должны соблюдаться следующие правила безопасности:

- котел должен быть исправлен (без трещин и других повреждений) с плотно прилегающей крышкой, подвешенной на канате с противовесом;
- засыпку материалов в котел следует производить со стороны противоположной топке и только на  $\frac{3}{4}$  его емкости. Влажные материалы загружать в котел запрещается во избежание сильного пенообразования нагретой массы, перелива её через край котла и воспламенения;
- для ликвидации возможных вспышек на месте работ должны находиться ящики с песком и огнетушители. Воспламенившуюся мастику тушить водой запрещается.

Битумно-резиновые и битумно-полимерные мастики разрешается нагревать до температуры, не превышающей  $180^{\circ}\text{C}$ , не допуская кипения и перелива их через край котла. Нагрев мастик контролируют термометром со шкалой не менее  $250^{\circ}\text{C}$ .

При приготовлении грунтовок для швов битум с бензином следует смешивать в местах, отстоящих не менее чем на 50 м от котла. Разогретый

битум следует вливать в бензин и перемешивать его с ним деревянными мешалками. Температура битума в момент вливания его в бензин не должна превышать 70 °С. В случае воспламенения битума емкость следует закрыть крышкой. Горящий битум тушат песком или огнетушителем.

Если мастики или их составляющие попали на тело, то их следует немедленно снять чистой ветошью, смоченной бензином или керосином, а затем сразу же смыть теплой водой с мылом.

К работе на комплекте оборудования для заполнения швов тиоколовыми герметиками допускаются лица, прошедшие специальный инструктаж.

Работа заливщика швов с неисправными предохранительными клапанами запрещается.

Нельзя снимать крышку с заливщика швов при наличии давления воздуха в емкости. Запрещается ремонт и регулировка узлов смесительного агрегата или компрессора при работающем двигателе.

С пленкообразующими и осветляющими жидкостями разрешается работать в комбинезонах, защитных очках, рукавицах, резиновых сапогах.

Открытые части тела, на которые попал пленкообразующий материал, необходимо сразу же помыть керосином, а затем теплой водой с мылом.

При приготовлении пленкообразующего материала смешивание битума с бензином разрешается производить на расстоянии не менее 50 м от места разогрева битума. Разогретый битум следует вливать в бензин при его температуре не выше 70°С и перемешивать с ним деревянными лопатками. Этилированный бензин применять не разрешается.

При работе машин при нанесении пленкообразующих материалов следует:

- машины заправлять только механизированным способом (автогудронатором, насосной установкой, вакуумным устройством);
- использовать только исправные шланги с надежными креплениями;
- работать с установленным над распределителями кожухом;
- не работать без искрогасителя на выхлопной трубе двигателя, а также при неисправном и искрящем электрооборудовании;
- категорически запрещается курение вблизи работающего распределителя, на котором должны быть соответствующие надписи.

Рабочие, занятые приготовлением, перевозкой, распределением и хранением пленкообразующих материалов до начала работ с ними, должны быть проинформированы об их свойствах и проинструктированы о правилах техники безопасности.

Персонал, обслуживающий машины, должен пройти обучение работе на них и получить удостоверение на право управление машиной и производства работ.

Лица, работающие с пленкообразующими материалами, должны проходить дополнительный медицинский осмотр.

Алюминиевая пудра, используемая для осветления пленкообразующих материалов, должна храниться в упаковках предприятия-изготовителя в сухих закрытых складских помещениях при температуре не выше 35°С. Вбли-

зи складов пудры не должны находиться химически активные вещества. При погрузочно-разгрузочных операциях нельзя перебрасывать банки с пудрой и перекачивать их на боку. При перевозке банки с пудрой должны быть надежно закреплены для предотвращения их повреждения, разгерметизации и перемещения.

Запрещается во избежание пожара курить и пользоваться открытым огнем в зоне радиуса 5 м у мест работы с алюминиевой пудрой и пастой. В случае пожара пудру или пасту следует тушить сухим песком. Нельзя для тушения использовать воду.

Рабочее место для приготовления суспензии алюминиевой пудры или её распределения должно быть обозначено надписью "Огнеопасно", "Опасная зона 5 м". На рабочем месте должен находиться ящик с сухим песком и лопатой.

При возведении монолитных бетонных конструкций в зимнее время требуется их подогрев. Метод электропрогрева получил широкое распространение в строительной практике, благодаря своей простоте. Вместе с тем его применение требует повышенной осторожности. Участки, где производится электропрогрев цементобетона, ограждаются и освещаются в ночное время. Ограждения и сигнальные лампы устанавливаются на расстоянии не менее 3 м от границ участка, находящегося под напряжением. Электропрогрев цементобетона должен производиться под наблюдением квалифицированных электромонтеров. Для измерения температуры бетона в зоне прогрева допускается опытный персонал с обязательным применением защитных средств или при выключенном напряжении. Электропрогрев бетонных и железобетонных конструкций должен осуществляться при напряжении не выше 380 В. Использование напряжения 220 В допускается для прогрева неармированного цементобетона.

При бетонировании конструкции по способу "термоса", основанному на применении подогретого бетона и химических добавок-ускорителей (хлористого кальция, хлористого натрия в виде поваренной соли, соляной кислоты или поташа), необходимо соблюдать меры предосторожности против ожогов, повреждения глаз и отравлений. В качестве индивидуальных защитных средств служат респираторы, резиновые перчатки, резиновые сапоги.

Использовать хлористый кальций в качестве ускорителя твердения бетона допускается только в разведенном виде. При разведении хлористого кальция следует пользоваться черпаками с длинными рукоятками.

При зимнем бетонировании цементобетонных аэродромных покрытий рабочие должны быть обеспечены теплой одеждой, а строительные объекты иметь передвижные обогревательные пункты.



## ГЛАВА 7. СТРОИТЕЛЬСТВО АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ

### 7.1. Конструкции сборных железобетонных аэродромных покрытий и плит

Впервые сборные железобетонные аэродромные покрытия из шестигранных плит появились в Советском Союзе в начале 30-х годов прошлого столетия. Такие покрытия строились до 1941 г и вполне отвечали требованиям, предъявляемым в то время к аэродромам. Их толщина составляла 14-16 см, а размеры сторон – 1,5-1,8 м. Использование таких плит в аэродромном строительстве показало их эффективность как в процессе строительства, так и в процессе эксплуатации. Они имели достаточную прочность, хорошую транспортабельность, обеспечивали по тем временам высокую производительность труда.

Появление самолетов с большей взлетной массой по сравнению с самолетами, эксплуатируемыми до Второй мировой войны, потребовало от ученых и строителей внедрения в аэродромное строительство новых, более прочных и надежных аэродромных покрытий не только из монолитного железобетона, но и сборных железобетонных покрытий из плит больших размеров, которые позволили бы снизить протяженность швов между плитами и также обеспечить индустриализацию аэродромного строительства, повысить его темпы и, таким образом, обеспечить возможность вести строительство на протяжении всего года. Наиболее важным применением сборных плит в аэродромном строительстве было для отдаленных аэродромов страны, где кроме авиации не было других видов транспорта, особенно в теплое время года.

Созданные в системе Министерства гражданской авиации научно-проектные институты обеспечили научно-технический прогресс в аэродромном строительстве, основными направлениями которого были: разработка новых прогрессивных технических решений аэродромных сооружений и проектной документации; создание и внедрение новых эффективных материалов и конструкций; совершенствование планирования, управления и организации строительного производства; повышение уровня механизации и индустриализации аэродромного строительства. Наряду со значительным прогрессом в проектировании монолитных аэродромных покрытий и их строительства были осуществлены значительные работы по совершенствованию конструкций сборных железобетонных плит для строительства аэродромных сооружений в направлении увеличения их прочности и размеров, индустриальных методов их производства, производительных способов их монтажа, омоноличивания и гидроизоляции. В результате были разработаны предварительно-напряженные сборные железобетонные плиты для аэродромных покрытий, получившие широкое распространение на аэродромах РФ, которые продолжают успешно использоваться и в настоящее время.

Принцип предварительного напряжения строительных конструкций заключается в том, что развитие в них растягивающих напряжений от эксплуатационных нагрузок погашаются сжимающими напряжениями, создаваемыми в результате предварительного обжатия бетона. Это приводит к существенному возрастанию трещиностойкости железобетонного изделия. Обжатие бетона в конструкциях, в том числе и в аэродромных плитах, происходит в результате воздействия на него усилий от предварительно растянутой высокопрочной стальной арматуры.

Важнейшими преимуществами предварительно напряженных конструкций (плит) являются:

- эффективное использование прочностных свойств бетона и стальной арматуры, позволяющее снизить толщину плит и уменьшить их материалоемкость;
- увеличение долговечности аэродромных покрытий за счет высокой трещиностойкости плит и прочности материалов, из которых они изготовлены;
- снижение эксплуатационных расходов на содержание и ремонт покрытий

Предварительно напряженные сборные плиты для аэродромных покрытий помимо указанных достоинств предварительно напряженных монолитных покрытий обладают еще и преимуществами заводского изготовления в условиях постоянного температурно-влажностного режима, отработанных технологий армирования, бетонирования и уплотнения бетонной смеси в многооборотной металлической опалубке, что существенно способствует получению высококачественных изделий.

Применение покрытий из сборных плит наиболее целесообразно при реконструкции аэродромных сооружений (удлинении ИВП, расширении ИВП, РД, перронов и МС), где использование бетоноукладочных машин может оказаться неэффективным и экономически невыгодным. Широкое применение сборных цементобетонных покрытий сдерживается их основным недостатком – многошовностью, осложняющей как строительство, так и эксплуатацию таких покрытий.

Плиты сборных аэродромных покрытий изготавливают в соответствии с требованиями ГОСТ 25912.0-91 "Плиты железобетонные предварительно напряженные ПАГ для аэродромных покрытий". Аббревиатура ПАГ образована от названия плит "Плита аэродромная гладкая". В зависимости от толщины плиты подразделяются на ПАГ-14, ПАГ-18 и ПАГ-20.

Сборные покрытия из типовых плит ПАГ-14 следует применять для нагрузок на колесо не более 100 кН для многоколесной опоры и не более 170 кН для одноколесной опоры, ПАГ-18 соответственно – не более 140 кН и 200 кН, ПАГ-20 – не более 180 кН и 250 кН.

Форма и основные размеры плит представлены на рис. 7.1. По согласованию с потребителем допускается изготовление плит с профилем продольных граней, приведенных на рис. 7.2.

Плиты должны изготавливаться из бетона класса по прочности на растяжение при изгибе  $B_{tb}$  4,0 при их армировании напрягаемой проволочной продольной арматурой или арматурными канатами и  $B_{tb}$  3,6 при их армиро-

вании напрягаемой стержневой продольной арматурой. Кроме того, должно быть обеспечено дополнительное требование к минимальному классу прочности бетона на сжатие: В-30 – для плит, армированных проволочной арматурой или арматурными канатами, и В-25 – для плит, армированных стержневой арматурой. При этом фактическая прочность на сжатие не должна быть ниже 29,4 МПа (300кгс/см<sup>2</sup>). Значение отпускной прочности бетона должно быть не ниже 70 % класса бетона по прочности на растяжение при изгибе при условии, что изготовитель гарантирует достижение бетоном плиты требуемой прочности в возрасте 28 сут.

*а*

*б*

Рис. 7.1. Форма и размеры плит ПАГ-14, ПАГ-18 и ПАГ-20:  
*а* – плита ПАГ- 14; *б* – плиты ПАГ-18 и ПАГ-20

Марка бетона по морозостойкости должна быть не ниже: F 100 – для районов с расчетной температурой воздуха наиболее холодного месяца до минус 5° С; F 150 – ниже 5° С до минус 15° С; F 200 – ниже 15° С.

Конструкции монтажно-стыковых изделий, указанных на рис. 7.1, приведены на рис. 7.3.

Рис. 7.2. Допускаемые профили продольных граней (см. рис. 7.1 сеч. 6 – 6), отличающиеся от приведенных на рис. 7.1 и формируемые при изготовлении плит ПАГ-14, ПАГ-18 и ПАГ-20 по согласованию с потребителем:  $t$  – толщина плиты

Рис. 7.3. Конструкции монтажно-стыковых изделий (узел *A*):  
*a* – монтажно-стыковое изделие М1 или М3:  $t$  – толщина плиты (в скобках указан размер для плиты ПАГ-14); *б* – конструкции стыковых изделий М2 или М4 (поз. 1, узел *B*); *в* – конструкция стыкового изделия М4 *a* (поз. 2, узел *B*)

Армирование плит производят в продольном направлении напрягаемой арматурой, в поперечном – ненапрягаемой. В качестве напрягаемой арматуры плит чаще всего применяют стержневую сталь А<sub>T</sub>-V, А-V, А<sub>T</sub>-IV, А<sub>T</sub>-IVС и А-IV. Для ненапрягаемой арматуры используют стержневую арматуру классов А-III, А<sub>T</sub>-IIIС, А-II и арматурную проволоку класса В<sub>p</sub>-I. Конструкции плит ПАГ-18 и ПАГ-20 приведены соответственно в ГОСТ 225912.2 и ГОСТ 225912.3.

Плиты на заводах изготавливают рабочей поверхностью "вверх", хотя допускаются по согласованию с потребителем изготовление плит рабочей поверхностью "вниз". Поверхность плит, изготавливаемых поверхностью "вверх", должна быть шероховатой. Её получают в результате обработки цементобетона капроновыми щетками или брезентовой лентой после уплотнения бетонной смеси. Если плиты изготавливают рабочей поверхностью "вниз", то она должна иметь рифление по ГОСТ 8568 (рис. 7.4). При этом большая диагональ ромба должна быть перпендикулярна к продольной оси плиты. Глубина рифления должна быть не менее 1,5 мм. По согласованию с потребителем допускается изготавливать плиты с глубиной рифления 1,2 мм.

ГОСТ 25912.0-91 устанавливает следующие требования к точности изготовления плит (табл. 7.1).

В плитах высшей категории качества действительные отклонения от размеров плит не должны превышать: по длине –  $\pm 5$  мм, по толщине –  $\pm 3$  мм, от плоскостности рабочей поверхности –  $\pm 4$  мм.

Концы напрягаемой арматуры не должны выступать за торцевые поверхности плит более чем на 5 мм.

Рабочая поверхность плит не должна иметь трещин. На нерабочей поверхности и боковых гранях плит не допускаются усадочные технологические трещины шириной более 0,05 мм и длиной более 50 мм.

Рифленая поверхность плит должна иметь четкий рисунок рифления без сколов граней канавок.

На рабочей поверхности плит не допускается шелушение бетона.

Размеры раковин, местных наплывов и впадин на бетонной поверхности и околос бетонных ребер плит не должны превышать значений, указанных в табл. 7.2.

Исправление дефектов на рабочей поверхности и заделка околос плит не допускается.

Боковые грани у нижней и верхней поверхности плит, а также открытые поверхности монтажно-стыковых изделий должны быть очищены от наплывов бетона.

На плите должны быть маркировочные надписи, содержащие: марку плиты, товарный знак или краткое наименование предприятия- изготовителя, штамп технического контроля, дату изготовления плиты.

На продольных гранях на расстоянии 1 м от торца должен быть монтажный знак "Место опирания".

Рис. 7.4. Конструкция плиты ПАГ-14:  
*a* – план армирования; *б* и *в* - разрезы

**Таблица 7.1. Предельно допустимые отклонения геометрических параметров плит**

Вид отклонения геометрического параметра	Геометрический параметр	Предельное отклонение, мм	
Отклонение линейного размера	Длина плиты	± 6	
	Ширина плиты	± 5	
	Толщина плиты	± 4	
	Размер, определяющий положение выемок у монтажно-стыковых изделий	± 5	
	Размеры выемок у монтажно-стыковых изделий	± 3	
	Смещение монтажно-стыковых изделий:	вдоль грани плиты	5
		перпендикулярно к грани плиты по высоте плиты	3
Отклонение от прямолинейности	Прямолинейность профиля поверхности и боковых граней: в любом сечении на длине 2 м на всей длине плиты	3	
		5	
Отклонение от плоскостности	Плоскостность рабочей поверхности плиты (при измерении от условной плоскости, проходящей через 3 крайних точки)		
Отклонение от перпендикулярности	Перпендикулярность смежных торцевых граней плит на участке длиной, мм: 400 1000	2	
		2,5	
Отклонение от равенства длин диагоналей	Разность длин диагоналей рабочей поверхности плиты	10	

**Таблица 7.2. Предельно допустимые размеры дефектов на поверхности плиты**

Поверхность плиты	Предельные размеры, мм				
	раковины		глубина	околы бетона	
	глубина	диаметр		глубина	суммарная длина на 1 м ребра
Рабочая	3	4	2	5	50
Нерабочая и боковые грани	5	10	3	8	80

Марка плиты состоит из буквенно-цифровых групп, разделенных дефисом. Первая группа содержит сокращенное буквенное наименование плиты – ПАГ. Во второй группе приводят толщину плиты в сантиметрах и характеристику напрягаемой продольной арматуры: IV – для арматурной стали классов А<sub>T</sub>-IV, А<sub>T</sub>-IVС и А-IV; V – для арматурной стали классов А<sub>T</sub>-V и А-V. В обозначении плиты ПАГ-14 с напрягаемой продольной арматурой диаметром 12 мм (ГОСТ 25912,1) дополнительно приводят цифру 1 (через дефис).

Примеры условного обозначения плиты: толщиной 18 см с напрягаемой продольной арматурой класса А<sub>T</sub>-V – ПАГ-18V; толщиной 14 см с напрягаемой продольной арматурой класса А<sub>T</sub>-IVС диаметром 12 мм – ПАГ-14-IV-1.

Монтажная масса плит ПАГ-14 составляет 4,2 т, ПАГ-18 – 5,4 т, ПАГ-20 – 6,2 т.

## **7.2. Транспортирование, разгрузка, складирование, хранение и сортировка сборных железобетонных плит**

Доставка плит с заводов-изготовителей на объекты строительства осуществляется всеми видами транспорта в соответствии с требованиями ГОСТ 13015.4 и ГОСТ 25912.0-91.

Погрузка плит в транспортные средства и их крепление при транспортировании на открытом железнодорожном подвижном составе (полувагоны, платформы), как правило, используемом для их доставки на объект строительства, осуществляется в соответствии с требованиями Правил перевозки грузов и Технических условий погрузки и крепления грузов на железнодорожном транспорте. Обычно в каждом четырехосном полувагоне или платформе транспортируют по 14 плит. Транспортировать плиты следует в горизонтальном положении. Их укладывают в штабеля, по 7 плит в каждом. Плиты укладывают на деревянные подкладки толщиной не менее 50 мм, располагаемые на расстоянии 1 м от торца плиты перпендикулярно к её длинной стороне и по вертикали одна над другой. Плиты должны перевозиться с надежным закреплением в транспортных средствах, исключающим продольное и поперечное смещение плит, а также их взаимное столкновение и трение в процессе перевозки. Ориентировочный расход проволоки диаметром 6 мм для крепления плит на железнодорожных платформах или в полувагонах составляет 1,2 кг на 1 м<sup>3</sup> перевозимых плит. Транспортная маркировка грузов осуществляется по ГОСТ 14192.

Аэродромные плиты можно перевозить и автомобилями обычно не более 2-3 штук на каждом. Плиты укладываются на подкладки и прокладки, размещаемые одна над другой на расстоянии 1 м от торцов перевозимых плит. В качестве погрузочно-разгрузочных механизмов служат мостовые и автомобильные краны.



Разгрузку плит из железнодорожных составов производят на прирельсовые склады, расположенные по одну или обе стороны железнодорожного полотна, в штабеля. Расстояние от края штабеля до ближайшего железнодорожного пути должно быть не менее 6 м с тем, чтобы обеспечить маневрирование автокранов. Складские площадки должны быть спланированы так, чтобы обеспечить сток поверхностных вод. Ориентировочно для размещения 1000 плит (ПАГ) требуется не менее 2000 м<sup>2</sup> площади. Плиты на складах размещают в штабелях по 10 плит в каждом. Нижнюю плиту штабеля кладут на 2 деревянные подкладки толщиной не менее 15 см при размещении на уплотненных грунтовых площадках и 10 см – на площадках с искусственным покрытием. Подкладки располагают перпендикулярно длинной стороне плиты на расстоянии 1 м от её торцов. Каждую последующую плиту в штабеле укладывают на две деревянные прокладки толщиной 2,5-4 см, располагаемые по вертикали строго над подкладками нижней плиты. Расстояния между штабелями принимают не менее 50 см.

Если позволяют условия, то плиты из железнодорожных полувагонов и платформ целесообразно выгружать на автомобили с последующей их доставкой к месту монтажа или на приобъектные склады, размещаемые в непосредственной близости к будущим местам монтажа плит. Погрузочно-разгрузочные работы на приобъектных складах лучше всего производить пневмоколесными кранами грузоподъемностью не менее 10 т, способными передвигаться с поднятой плитой. Производительность таких кранов, обслуживаемых звеном из 5 человек (машиниста крана и 4 такелажников), составляет до 120 плит в смену. Плиты на приобъектных складах укладывают в штабеля (по 10 плит в каждый) с расстоянием между ними не менее 80 см, с тем, чтобы можно было производить осмотр плит и грунтовку их боковых граней. Укладка плит в штабеля с использованием деревянных подкладок и прокладок производится так же как и на прирельсовых складах.

Погрузочно-разгрузочные операции с захватом за монтажно-стыковые изделия плит следует производить по одной плите. Подъем двух и более плит с захватом за монтажно-стыковые изделия нижней плиты запрещается.

При использовании специальных такелажных устройств, работающих без захвата за монтажно-стыковые изделия, число плит в поднимаемом пакете не должно превышать трех.

На прирельсовых и приобъектных складах производят осмотр прибывших плит, которые должны отвечать требованиям ГОСТ, технических условий и проекта. Однако, нередко на строительные площадки поступают плиты не вполне им отвечающие. Поэтому все поступившие на строительство плиты подвергаются осмотру, оценке их качества и последующей сортировке. Осмотром устанавливают наличие трещин, раковин, отколов бетона, наплывов, шелушение поверхности и другие дефекты. У краев, в середине длины или ширины плиты измеряют длину и ширину плит. В углах и середине плиты производят проверку их толщины.

Плиты с установленными отклонениями от требований ГОСТ, ТУ и проекта отделяют от нормальных плит и хранят отдельно, причем плиты,

имеющие значительные отклонения, складывают отдельно от плит с незначительными дефектами, к которым относят отколы углов и кромок (не превышающих половины высоты плиты), отдельные небольшие раковины, незначительные волосные температурно-усадочные трещины (длиной до 15-20 см), наплывы бетона высотой до 5-10 мм, отклонения в размещении монтажно-стыковых изделий и геометрических размерах плит. Такие плиты допускается использовать на второстепенных участках покрытия: в крайних рядах (полосах) ВПП, МС, перронов, вспомогательных РД.

Сквозные трещины, большие сколы бетона, оголение арматуры, большие раковины, плиты с исправленными дефектами на рабочей поверхности, заделкой околос ребер и др. серьезными дефектами выбраковываются и использованию для укладки в аэродромное покрытие не подлежат.

Отсюда следует, что плиты на складах должны размещаться в штабелях рассортированными по маркам, партиям и категориям качества.

На приобъектных складах производят грунтовку граней плит праймером. Перед нанесением праймера грунтуемая цементобетонная поверхность тщательно очищается и продувается сжатым воздухом. Праймер наносится на очищенную поверхность пистолетом-распылителем. Расход праймера составляет 200 г на 1 м<sup>2</sup> поверхности.

### **7.3. Устройство искусственных оснований под аэродромные покрытия из сборных плит**

Для обеспечения необходимой несущей способности, устойчивости и ровности аэродромных покрытий из сборных железобетонных плит необходимо создать для них надежное, прочное, неразмокаемое и хорошо дренируемое искусственное основание.

На участках местности, сложенных слабыми, просадочными, набухающими, пучинистыми, неводопрочными и другими специфическими грунтами, необходимо принять меры к улучшению строительных свойств грунтов естественного основания ( их мелиорации) или их частичной или полной замене на грунты (материалы) со стабильными физико-механическими характеристиками.

Для улучшения строительных свойств грунтов используют такие методы как их уплотнение трамбованием, вибрацией, виброфлотацией, силикатизацией, битуминизацией, предварительным замачиванием просадочных грунтов с последующим уплотнением, обжигом.

С целью недопущения превышения предельно допустимых вертикальных деформаций грунтовых оснований применяют также такие мероприятия как устройство специальных элементов искусственного основания и прослоек в виде армированных, стабильных, термоизоляционных, дренажных слоев; гидроизолирующих, капилляропрерывающих, противозаиливающих, армирующих прослоек. Границы специальных слоев и прослоек искусственного основания или мелиорированного грунта естественного основания должны отстоять от кромки покрытия не менее чем на 3 м. Сочетание этих

мероприятий с целенаправленной вертикальной планировкой естественных и искусственных оснований и поверхности собственно покрытий позволяет добиться желаемых результатов по обеспечению устойчивости и прочности аэродромных покрытий, предотвращению их недопустимых деформаций, своевременному осушению естественных и искусственных оснований при выпадении атмосферных осадков и повышении уровня подземных вод. Исключительно важное значение при этом имеет закомочный дренаж, предназначенный для отвода как поверхностных, так и подземных вод.

Действующие строительные нормы и правила допускают устройство аэродромных покрытий из сборных предварительно напряженных железобетонных плит на всех видах оснований. Отметим, что в учебной литературе прошлых лет устройство сборных железобетонных покрытий рекомендуется устраивать как на песчаных, песчано-гравийных и щебеночных, так и на грунтогравийных, грунтощебеночных и даже грунтоцементных основаниях, несмотря на то, что такие основания характеризуются слабой дренирующей способностью. Между тем, опыт строительства аэродромных покрытий из сборных железобетонных плит, отличающихся многошовностью, а, следовательно, и значительной водопроницаемостью, возрастающей по мере разгерметизации швов, свидетельствует о том, что без искусственного основания в виде или с устройством дренажного слоя из крупнообломочных материалов (щебень, дресва, гравий), укрепленных или неукрепленных вяжущими, а также без закомочного дренажа в районах II и III ДКЗ не удастся создать надежных долговечных и работоспособных сборных аэродромных покрытий. Поэтому, использование укрепленных грунтов (пескоцемент, грунтоцемент и др.) в качестве искусственных оснований сборных железобетонных аэродромных покрытий возможно лишь в IV и V ДКЗ с незначительным количеством атмосферных осадков (до 250 мм/год), причем на участках с низким залеганием грунтовых вод, сложенных высокопроницаемыми и непучинистыми естественными основаниями. Отметим, что использование искусственных оснований для широких аэродромных покрытий из песков (даже крупных) во II и III ДКЗ нецелесообразно из-за их низкой дренирующей способности. Исходя из вышеизложенного, в качестве искусственных оснований аэродромных покрытий из сборных плит следует использовать крупнообломочные материалы, укрепленные или неукрепленные вяжущими, обладающими высокой дренирующей способностью, коэффициент фильтрации которых при гидравлическом градиенте равном единице должен быть не менее 10000 м/сут.

Согласно действующим нормам [22] сборные покрытия из предварительно напряженных железобетонных плит, устраиваемых на основаниях всех типов, кроме песчаных, следует укладывать по выравнивающей прослойке из пескоцементной смеси толщиной 3-5 см. Такие прослойки предусматриваются для обеспечения плотного и сплошного прилегания плит к основанию. Поверхность прослоек должна иметь высокую ровность, способствующую ровности поверхности покрытия из укладываемых на них сборных плит. Кроме того, прослойки должны быть уплотнены до однородной

плотности, колебания которой не должны превышать  $0,02 \text{ г/см}^3$  в пределах опирания каждой плиты, материалы для устройства выравнивающей прослойки следует доставлять к месту её отсыпки в готовом виде. Приготовление пескоцементной или пескобитумной смеси следует осуществлять в смесительных установках. Использование для этой цели грунтосмесительных машин допускается как исключение. Влажность песка при смешении его с цементом должна быть не более 5-6 %. Содержание цемента в смеси – не менее 10 % по массе. Выравнивающую прослойку следует устраивать непосредственно перед укладкой плит. Разрыв во времени между приготовлением пескоцементной смеси и укладкой плит не должен превышать 4 ч, так как превышение влажности пескоцементной смеси за счет, например, влажности воздуха может привести к её преждевременному схватыванию.

Планировку и уплотнение выравнивающей прослойки следует производить с применением профилировщика основания. При использовании высокопроизводительного комплекта машин типа "Автогрейд" и более новой техники (при значительных объемах работ) планировку и уплотнение выравнивающей прослойки осуществляют планировщиком основания TS-425, T-9000 или T-9500. Поскольку применение сборных аэродромных покрытий во многих случаях производится при незначительных объемах работ, то целесообразнее использовать рельсовые планировщики оснований ДС-502Б или ДС-509.

В качестве выравнивающей прослойки можно использовать более пластичный материал чем пескоцемент, например, пескобитум. В отличие от пескоцемента он не разрушается и не подвергается хрупкому растрескиванию в зонах стыков сборных плит при их смещениях под нагрузкой. Многократное нагружение плит наряду с увлажнением пескоцемента приводит к отрыву от него плит и частичному вымыванию пескоцемента через швы покрытия. Особенно интенсивно этот процесс развивается при высоком уровне грунтовых вод и верховодки. В случае применения пескобитума вследствие его пластичности разрушение выравнивающей прослойки в зонах швов не происходит. Наоборот, наблюдается её перераспределение с заполнением ею оставшихся пустот под плитами с образованием более плотного примыкания плит к основанию. Использование пескобитума (как и пескоцемента) не снимает необходимости обеспечения эффективного дренирования искусственного основания [16].

Следует отметить, что и пескоцемент, и пескобитум в той или иной степени препятствует дренированию поверхностных вод, проникающих сквозь швы, трещины и, в меньшей степени, материал аэродромных покрытий в дренажный слой. Поэтому, для выравнивающих прослоек целесообразнее применять такие материалы как гравелистый песок, дресву без добавления в них вяжущих. Коэффициент фильтрации таких материалов должен быть не менее  $70 \text{ м/сут}$  при гидравлическом градиенте равном единице. Эти несвязные материалы переупаковываются при вибрации, создавая плотную постель для подошвенной поверхности сборных аэродромных плит. Проникающая сквозь выравнивающую прослойку поверхностная вода попадает

в дренажный слой искусственного основания и отводится в закрывочные дренажи за время, которое не должно превышать нормативное время осушения [14].

Между дренажным слоем и естественным основанием, сложенным глинистыми грунтами, мелкими или пылеватыми песками, должна быть предусмотрена противозаиливающая прослойка из нетканого материала типа "Дорнит". При устройстве аэродромных покрытий из сборных плит на слабо дренирующем искусственном основании в районах II и III ДКЗ не исключается разгерметизация швов, потеря ровности поверхности аэродромного сооружения, а также другие деформации, связанные с гидродинамическими явлениями, возникающими при движении воздушных судов [24].

Если имеется необходимость укладки сборных железобетонных плит аэродромных покрытий в зимнее время, то она возможна по заранее подготовленному искусственному основанию в теплое время года, причем монтаж сборного покрытия в зимнее время допускается как исключение. Его производят по выравнивающей прослойке из несмерзшихся материалов, которую отсыпают только при отсутствии снегопада непосредственно перед укладкой плит.

Во всех случаях укладка сборных железобетонных плит на поверхность искусственного основания или выравнивающей прослойки может осуществляться, если высотные отметки по оси каждого ряда (полосы) отклоняются от проектных до значения  $\pm 15$  мм не более 5 % результатов определений и  $\pm 5$  мм в остальных случаях, когда расчет аэродромных покрытий производился на в/к I, II и III категории нормативных нагрузок. Если же аэродромные покрытия проектировались на IV, V и VI категории нормативных нагрузок, то отклонение высотных отметок от проектных не должны превышать  $\pm 15$  мм в 10 % случаях определений, а в остальных случаях -  $\pm 5$  мм. Контроль высотных отметок поверхности искусственного основания или выравнивающих прослоек осуществляются нивелированием.

Поперечный уклон поверхности искусственного основания или выравнивающей прослойки в пределах каждого ряда (полосы) укладки плит в аэродромное покрытие, рассчитанное на любую из шести категорий нормативной нагрузки, не должен отличаться от проектного значения более чем на  $\pm 0,005$  в 5 % случаях результатов определений и не более чем на  $\pm 0,002$  в остальных случаях (но не выше норм годности). Контроль поперечных уклонов осуществляется расчетом по результатам исполнительной геодезической съемки.

#### **7.4. Монтаж сборных предварительно напряженных плит**

Укладка (монтаж) плит на подготовленное искусственное основание является ответственным этапом монтажных работ на строительстве аэродромных покрытий. От качества самих плит и их укладки зависят качественные и оценочные показатели готового сборного аэродромного покрытия. В

результате небрежной укладки плит нарушается ровность покрытия, которая отрицательно сказывается не только на его работоспособности и долговечности, но также и на эксплуатируемых воздушных судах.

Поэтому, к устройству сборных аэродромных покрытий предъявляют ряд требований:

- получение поверхности покрытия с заданными проектом продольными и поперечными уклонами и ровностью в продольном направлении;
- каждая плита сборного аэродромного покрытия должна плотно, всей своей поверхностью, прилегать к искусственному основанию, быть устойчивой как в продольном, так и в поперечном направлении;
- в результате укладки должны обеспечиваться проектное положение стыковых устройств смежных плит, их омоноличивание, а также проектная ширина швов между ними.

При строительстве сборных покрытий следует, как правило, в едином потоке с минимальным разрывом во времени выполнять следующие технологические процессы:

- устройство выравнивающего слоя или планировку верхнего слоя основания;
- укладку плит покрытия;
- вибропосадку или прикатку плит;
- электросварку стыковых соединений плит;
- заполнение швов герметиком.

Работы по устройству сборных железобетонных аэродромных покрытий, как правило, организуют поточным методом. Монтаж плит осуществляют захватками. Продольная кромка первого ряда плит маячной захватки должна совпадать с продольной осью покрытия при двухскатном поперечном профиле аэродромного сооружения и с верхней кромкой - при односкатном профиле.

Укладке плит предшествуют разбивочные работы с применением геодезических инструментов. По оси сооружения или по его верхней кромке забиваются колья, на которые натягивают шнур. На каждой захватке монтаж покрытия с двухскатным профилем ведут от оси (середины) сооружения в направлении кромок покрытия. При односкатном профиле применяют другую схему монтажа, при которой плиты укладываются от верхней кромки в направлении нижней кромки аэродромного покрытия. Ряд (полосу) плит, укладываемый первым, называют маячным рядом. Последующие ряды укладывают слева и справа от маячного ряда (полосы).

По длине аэродромного сооружения монтируемое покрытие делят на захватки. Длину захватки ( $l_3$ ) можно определить по формуле

$$l_3 = \frac{n \cdot S}{B}, \text{ м,}$$

где  $n$  – количество укладываемых плит за смену, шт.;

$S$  – площадь одной плиты, м<sup>2</sup>;

$B$  – ширина захватки, м.

Ширина ряда (полосы) укладки плит зависит от ширины захвата планировщика основания. Ширина подготовленного основания должна превышать ширину ряда укладки плит (захватки) не менее чем на 50 см с каждой стороны.

Самой сложной и трудоемкой технологической операцией при устройстве сборных аэродромных покрытий является монтаж плит. В процессе монтажа необходимо обеспечить сплошной контакт подошвы плиты с поверхностью выравнивающей прослойки или искусственного основания. Для получения такого контакта апробировано несколько способов укладки плит. К ним относятся: способ "от себя" с применением траверс и шаблонов; с применением плитоукладочных машин; с поддувом песка под плиты; с инъектированием песчано-цементного раствора; с использованием вибропосадочных или "прикаточных" машин.

Способ "от себя", получивший наиболее широкое применение, заключается в укладке плит стреловыми пневмоколесными и автомобильными кранами, имеющими грузоподъемность, позволяющую выполнять монтажные операции без применения аутригеров (выносных дополнительных опор), существенно снижающих производительность монтажных работ. Вместе с тем краны с большим вылетом стрелы позволяют в значительной мере восполнить потери производительности укладки даже при работе с аутригерами, благодаря возможности увеличения ширины захватки и сокращения мест установки (стоянок) крана под монтаж. Для укладки плит ПАГ-14, ПАГ-18, ПАГ-20 в настоящее время широко используются автомобильные краны, технические характеристики которых приведены в табл. 7.3.

Плиты можно укладывать "с колес" или из штабелей. В первом случае плиты к крану-укладчику доставляются автотранспортом по заранее разработанному и согласованному с заводом-поставщиком часовому графику. Благодаря этому исключается потребность в промежуточном складировании плит, а следовательно, и в прокладке временных подъездных дорог, поскольку при монтаже "с колес" последующий подвоз плит к крану и перемещение самого крана осуществляется по уже уложенному покрытию.

Укладка плит из штабелей возможна без их подвозки к крану и с подвозкой автомобилями в случае размещения штабелей вне монтажной зоны, при этом выбор транспортных средств и определение их количества производится с учетом того, чтобы обеспечить непрерывную работу кранов. Подъем плит производят с применением траверсы в виде прямоугольной стальной рамы с короткими вертикальными стропами, располагаемыми над монтажными элементами плиты, что исключает повреждение граней плит при иной их строповке. С целью сокращения ручного труда при строповке плит целесообразно использование для захвата плит вакуум-захватного оборудования, обеспечивающего сокращение времени при строповке плиты и её опускания на место укладки.

Наиболее отработанным для способа "от себя" является следующая технология укладки плит: после строповки плита снимается с транспортного средства или штабеля и поворотом стрелы крана с одновременным опускани-

ем крюка подается к месту укладки. Плиты в покрытие укладывают длинной стороной вдоль направления взлета и посадки ВС на ВПП, руления на РД, перроне и МС. При этом положение плиты должно быть таким, чтобы её подошва находилась над поверхностью основания на высоте 5-7 см, а её грани отстояли от ранее уложенных плит на расстоянии 50 см. Такое положение плиты страхуется такелажниками с помощью багров, удерживающими её от раскачивания. Затем плавным перемещением стрелы монтируемая плита своей продольной гранью медленно подводится до соприкосновения с продольной гранью ранее уложенной соседней плиты. Далее, движением крана вместе с плитой назад (без изменения положения стрелы и крюка) ликвидируется оставшийся зазор между торцами ранее уложенной и монтируемой плит до потребной ширины поперечного шва. Завершающей операцией является медленное опускание плиты на поверхность выравнивающей прослойки или основания, так, чтобы она коснулась основания или выравнивающей прослойки сразу всей подошвой. Какие-либо перекосы плиты недопустимы. Для повышения производительности монтажных работ и получения равномерной ширины швов в пределах 8-12 мм используют предназначенные для этого металлические шаблоны (рис. 7.5).

Рис. 7.5. Металлический шаблон для монтажа сборных аэродромных покрытий

Шаблоны устанавливают по два на каждой смежной грани ранее уложенных плит, а после укладки на основание монтируемой плиты их извлекают для последующего использования по назначению.

Плита считается смонтированной качественно, если продольные и поперечные швы сборного покрытия совпадают, швы прямолинейны, ширина швов не превышает 12 мм, а уступ в швах между плитами – 5 мм в продольном и 3 мм в поперечном направлениях. Кроме того, плиты должны быть устойчивыми на контакте с основанием. Между подошвой плиты и основанием (выравнивающей прослойкой) не должно быть видимых зазоров, а при движении по её поверхности транспортных средств и крана плита не должна иметь вертикальных и горизонтальных перемещений. При любом несоответствии этим требованиям плиту следует демонтировать и после устранения дефектов монтажа или основания, нарушающих ровность и устойчивость покрытия, уложить её в проектное положение.

Укладка плит в покрытие может производиться с помощью специальной плитоукладочной машиной, представляющей собой самоходный портал с плитоукладочной кареткой. Каретка перемещается по рельсам поперек на-



**Таблица 7.3. Технические характеристики стреловых кранов**

Марки (модели) автокранов	Наименование технической характеристики						
	грузоподъемность, т	вылет стрелы (наименьший - наибольший), м	длина стрелы	скорость подъема и опускания груза, м/мин	скорость передвижения, км/час	габаритные размеры в транспортном режиме, м	масса крана, т
СМК-10	10	4-16	10	0,4-10,2	40	13,3×2,65×3,94	14,6
КС-35719-7-02 "Клинцы"	16	3,2-17	8-18	7	60	10,1×2,5×3,7	19
КС-45726-1 "Углич"	20	3,2	8-14,2	–	60	10×2,8×3,7	14,9
КС-55727-4 "Машека"	25	3,2-20	10,08-28	6	60	12×2,5×3,8	22,2
МКТ-25,1 "Ульяновец"	25	2,3-19	9,7-21,7	–	60	12×2,5×3,05	20,9
КС-55713-3 "Галичанин"	25	3,2-18	9,7-21,7	6-12	80	12×2,5×3,65	21,4
КАТО CR-250	25	–	6,7-28	–	49	9,6×2,395×3,4	24
ХСМГ QY25К	25	–	10,5-32	–	72	12,2×2,5×3,26	26
МКТБ-30,3 "Ульяновец"	30	2,3-19	9,7-21,7	–	60	12×2,5×3,85	24,2
КС-55729-1 "Галичанин"	32	3-27	9,5-30,1	4,7	80	12×2,5×3,75	30
КС-5579-22 "Мотовилиха"	35	–	9,5-23	–	65	11,6×2,5×3,7	24
МКАТ-40	40	2-24	11-37	0,24-9,6	70	12,04×2,5×3,66	35
КС-"Ивановец"	50	2,8-28	10,6-31	–	53	13,5×2,5×3,8	37,1
КАТО KR-500	50	–	9,2-33,8	–	50	11,93×3×3,77	37
Liebherr LTM 1100-5.2	100	2,7-60	11,5-52	–	80	13,64×2,75×4	60

правления укладки плит. На каретке смонтирован телескопический гидроцилиндр с вакуумным или фрикционным захватом. Производительность плитоукладочной машины составляет 2400 м<sup>2</sup> покрытия в смену [8].

При неполном опирании подошв плит на выравнивающую прослойку или искусственное основание в процессе эксплуатации сборного аэродромного покрытия возможно появление перекосов плит, недопустимых уступов в швах, разгерметизация швов, переувлажнение оснований, а также такие серьезные деформации как сколы плит и сквозные трещины. Поэтому для обеспечения надежности и долговечности аэродромных покрытий, их надлежащей работоспособности необходимо добиваться полного опирания подошв плит на основание, что достигается различными способами: вибрацией, прикаткой покрытия тяжелыми транспортными средствами, поддувом песка при укладке плит, инъектированием под подошвы плит пескоцементного раствора. Наибольшее распространение на практике получили вибрация и прикатка. Использование вибрации для получения плотной посадки плит на несвязное основание называется вибропосадкой плит. Для вибропосадки плит используют специальные самоходные вибропосадочные машины типа АМ-66 (рис. 7.6). Машину устанавливают на плиту так, чтобы центр тяжести виброагрегата находился над центром тяжести плиты. Это является обязательным условием. При небрежной установке машины произойдет перекос плиты и резкое нарушение опирания её подошвы на основание, что приведет к необходимости её переукладки. Другим важным условием является определение оптимального времени вибропосадки. При недостаточном времени может быть не обеспечен сплошной контакт подошвы плиты с основанием, а при избыточном – может произойти выброс песка или пескоцементной смеси через швы и чрезмерно низкая посадка плиты, что также потребует её переукладки. Обычно время вибропосадки устанавливается опытным путем. Оптимальным можно принимать время вибропосадки, при котором после её завершения возвышение кромок плит не должно быть более 3 мм. Обычно оптимальное время вибропосадки находится в пределах 15-40 с. Для окончательного фиксирования поверхности укладываемой плиты и её выравнивания с соседними плитами производят дополнительные вибрирования, устанавливая вибропосадочную машину над продольными и поперечными швами.

Нельзя производить вибропосадку плит при переувлажненном или же, наоборот, чрезмерно сухом состоянии песчаного основания во избежание выбрасывания песка через швы и в полости под подошвой плиты. Песчаные основания следует доводить до 5-6 % весовой влажности. Производительность при вибропосадке плит составляет 1500-2000 м<sup>2</sup>/смену.

Если сборные аэродромные покрытия устраиваются на прочных связанных искусственных основаниях (усиленных вяжущими материалами) на тощем бетоне и др., где для выравнивания поверхности основания используются выравнивающие прослойки, то вибропосадку плит, как правило, не производят. В этом случае сплошной контакт плит с основанием достигается их прикаткой тяжелыми транспортными средствами (груженными тяжелыми автомобилями, автокранами), а также самоходными катками на пневмошинах.

Прикатку плит следует заканчивать до начала схватывания цемента в выравнивающей прослойке.

Рис. 7. 6. Машина для вибропосадки сборных железобетонных плит

Гарантию полного опирания подошвы плиты на искусственное основание дает способ монтажа сборных плит с поддувом песка под их подошву. Идея данного способа состоит в том, что проектное положение каждой плиты обеспечивается её подвешиванием над основанием, а затем образовавшийся зазор между ними (в пределах 6-8 см [4]) заполняется песком путем его поддува сжатым воздухом под плиту. В результате добиваются полного контакта подошвы плиты с основанием. Для данного способа укладки сборных плит покрытия разработан специальный комплект машин. В него входят: подъемно-укладочный агрегат; агрегат для поддува (нагнетания) песка под плиты; машина для выравнивания поверхности и уплотнения искусственного основания аэродромного покрытия. Монтируемую плиту с помощью цепей захватов и подъемника приподнимают и прижимают к реечным фиксаторам, определяющим её проектное положение, согласно высотным отметкам поверхности покрытия. После этого под плиту нагнетают песок, фиксируя её, тем самым, в заданном положении. Несомненным достоинством данного способа является получение ровного покрытия со сплошным контактом подошвы плит с основанием. При этом снижаются требования к ровности поверхности искусственного основания. Недостатком этого способа укладки плит, ограничивающим его практическое применение, является его относительно низкая производительность.

Еще одним способом получения сплошного опирания подошвы плит сборных аэродромных покрытий на искусственное основание является способ инъектирования. Он заключается в том, что под подошвы плит, уложенных на искусственное основание с помощью крана, через имеющиеся в них отверстия под плиту нагнетается под давлением 0,1-0,2 МПа песчаноцементный раствор текуче-пластичной консистенции. Распространяясь под плитой, раствор заполняет имеющиеся под её подошвой полости и неплотности, образуя плотный контакт подошвы плиты с основанием. Из-за низкой производительности укладки плит в покрытие и относительной сложности этот способ при строительстве новых аэродромных покрытий пока не применяется. Однако, для ремонта покрытий, когда имеется необходимость в устранении неплотностей в опирании плит и исправления положения осевших плит в

процессе эксплуатации аэродромных покрытий, способ инъектирования нередко находит практическое применение.

Омоноличивание стыков (сварка стыковых соединений и заделка швов) производится после проверки качества монтажа плит и устранения обнаруженных дефектов, когда окончательно завершены все операции по укладке, вибропосадке и прикатке плит.

В состав работ по омоноличиванию стыков входят: очистка скоб стыковых соединений от бетона и ржавчины с продувкой сжатым воздухом; сварка стыковых скоб; очистка пазов швов от пыли, песка, грязи и заполнение швов герметиком.

Очистку "окон" стыковых соединений осуществляют стальными скребками, крючьями и щетками со стальным ворсом. В "окнах" и на стыковых скобах не должно быть грязи, песка, пыли, наплывов бетона и ржавчины. После очистки "окна" и стыковые скобы необходимо продуть сжатым воздухом.

После очистки стыковые скобы смежных плит омоноличивают дуговой электросваркой одним продольным непрерывным швом длиной, равной длине скоб. Такой шов можно накладывать, если зазор между свариваемыми скобами не превышает 4 мм. Ширина шва принимается равной 0,5 диаметра скобы, но не более 10 мм, а катет шва – 0,25 диаметра скобы, но не менее 6 мм. Глубина проварки должна быть не менее 5 мм. При наличии зазора более 4 мм между свариваемыми стыковыми скобами на них накладывают дополнительный гладкий стержень диаметром большим на 2-4 мм ширины зазора, но не менее 10 мм, после чего скобы сваривают двумя параллельными швами (с обеих сторон стержня). Катет шва должен быть не менее 0,25 диаметра стержня или половины наименьшей толщины свариваемых скоб, но не менее 6 мм. Сварку выполняют электродами типа Э-42А или Э-34. На 1000 м<sup>2</sup> сборного аэродромного покрытия из плит ПАГ-14 требуется примерно 40 кг электродов. Производительность одного сварочного агрегата составляет до 100 стыков в смену. Для обеспечения устройства 1200 м<sup>2</sup> сборного аэродромного покрытия из плит ПАГ-14 за одну смену необходима одновременная работа четырех сварочных агрегатов. После окончания сварки стыковых соединений производят очистку швов от окалины и пыли с помощью дисковой электрощетки и продувки их сжатым воздухом. При обнаружении дефектов сварки (в результате обкатки плит груженными тяжелыми автомобилями типа КамАЗ и КрАЗ или ударов металлическим прутом) их устраняют дополнительными сварочными работами.

Швы между плитами и монтажные выемки ("окна") сразу после сварки и очистки должны быть заполнены герметизирующим материалом согласно рекомендациям проекта. Запрещается заполнять герметиком неочищенные швы или швы с непрогрунтованными гранями плит. Для очистки швов может быть использована самоходная щеточная машина, например, FB16D. Машина снабжена дизельным двигателем мощностью 10 л.с. и щеточным диском диаметром 300 мм. Ширина щеточного диска может быть равной 6, 8,

10 и 12 мм. Двигатель способен вращать диск со скоростью 300 об/мин. Масса машины 145 кг.

В целях экономии мастики нижнюю часть пазов швов на 2/3 высоты плиты следует заполнять песчано-цементной смесью состава 1: 4 с последующим её увлажнением чистой водой. Паза швов расширения заполняют мастикой на всю высоту плит.

Песчано-цементные смеси готовят в растворо- или бетономешалках, а также в других смесителях. Для заполнения пазов швов подготовленной песчано-цементной смесью используют: лейки, воронки, лотки и т.п. После заполнения пазов швов на требуемую глубину песчано-цементную смесь уплотняют плоской штыковкой и увлажняют водой, одновременно очищая от неё грани части пазов, незаполненных смесью. После затвердения песчано-цементной смеси, находящейся в швах, производят продувку незаполненной ею части пазов сжатым воздухом, дополнительную грунтовку их граней праймером и заполнение швов мастикой (герметиком) заливающим швов. Заливку следует выполнять за два раза. Первый раз шов заполняют мастикой заподлицо с поверхностью покрытия, а потом, (во второй раз) – после усадки ранее залитой мастики в паз шва добавляют мастику до полного его заполнения, доводя её до поверхности покрытия. Излишнюю мастику в заполненных пазах швов срезают разогретой лопатой или специальным инструментом.

Для заливки швов битумными мастиками, а также работы с битумными эмульсиями можно использовать битумозаливщик ЭД-235М с расходом от 1 до 30 л/мин при емкости бака 900 л.

При работе резинобитумными мастиками используют залившки швов ЭД-35М и ЭД-135М различных модификаций с объемом бака для мастики от 12 до 1000 л. Используются также машина для заливки швов МЗШ-1000, буксируемая трактором тягового класса с объемом бака 590 л; самоходный залившик швов ЗШ-7 с объемом варочной ванны 300-500 л, предназначенный для работы в непрерывном цикле, позволяющем догружать и разогревать герметик без остановки процесса заливки. К эффективным самоходным залившикам швов можно отнести котел-залившик Breining Mono 500AFU и Breining Mono 800AFU производства Германии. Машины характеризуются точным контролем за температурой нагрева герметика. Они могут использоваться для нанесения маркировки на аэродромное покрытие. Машина может комплектоваться оборудованием для заливки криволинейных швов и трещин.

Для очистки и просушки трещин и швов в бетонных покрытиях можно использовать тепловое копьё HOT-DOG, которое быстро очищает и прогревает бетон сжатым воздухом. Сжатый воздух нагревается пропановой горелкой. Устройство оснащено газовым регулятором с манометром, 13 метровым газовым шлангом, подсоединенным к газовому баку, а также 13 метровым воздушным шлангом, подсоединенным к трубопроводу. Масса устройства – 32 кг, габариты – 1600 × 400 × 400 мм.

Монтаж сборных железобетонных плит зимой допускается, как исключение, по заранее подготовленному основанию. Выравнивающая прослойка должна быть несмерзающейся и несвязной. Перед отсыпкой выравнивающей прослойки из талых несвязных материалов (талого крупного или гравелистого песка, дресвы, шлака) поверхность искусственного основания необходимо очистить от снега и льда. Укладка плит на твердую, смерзшуюся выравнивающую прослойку не разрешается. Во время снегопадов работы по устройству выравнивающей прослойки должны быть прекращены, а уже отсыпанные её участки должны быть укрыты и, тем самым, защищены от скопления на них падающего снега. Омоноличивание стыковых соединений можно производить только после завершения весенней распутицы и просыхания грунтов зоны аэрации.

Движение транспортных средств и воздушных судов по сборному покрытию разрешается открывать только после сварки стыковых соединений и, как правило, после заполнения швов.

Комплексная схема организации строительства аэродромных покрытий из сборных предварительно напряженных железобетонных плит типа ПАГ объединяет в себя отдельные этапы организации работ: изготовление, транспортировку и монтаж плит. Для своевременного завершения строительства аэродромных покрытий в установленные сроки должны быть согласованы и взаимно увязаны действия изготовителя плит, организации снабжения, транспортного предприятия и строительно-монтажного подразделения при максимально высоких показателях использования всех видов ресурсов, механизмов с целью получения максимального экономического эффекта.

Как уже отмечалось выше, сборные железобетонные покрытия аэродромов обычно сооружаются на аэродромах под II, III и IV категории нормативной нагрузки, а также на вертодромах под тяжелые и средние вертолеты, где объемы работ недостаточны для выгодного использования бетоноукладочных (особенно высокопроизводительных) комплексов. Наиболее часто сборные аэродромные покрытия используют при удлинении и уширении аэродромных сооружений.

Технологическая схема устройства аэродромного покрытия из сборных железобетонных предварительно напряженных плит ПАГ-14 с включением в поток устройства выравнивающего слоя (прослойки) из песка, обработанного битумом (пескобитум) по слою щебня, укрепленного вяжущим на участке уширения ВПП, представлена на рис 7.7.

Для аэродромного строительства предназначен еще один тип предварительно напряженных железобетонных плит – ПАП-26а (плита аэродромная пустотелая). Она имеет те же размеры в плане, что и плиты типа ПАГ (2 × 6 м), хотя высота её несколько больше – 26 см. В теле плиты имеется 8 продольных пустот диаметром 159 мм. Благодаря наличию пустот масса плиты составляет всего 5,4 т – столько же, сколько масса плиты ПАГ-18. Вместе с тем плиты ПАП уже можно использовать под нормативную нагрузку первой категории. Плита ПАП-26 а прошла необходимые испытания и рекомендована к практическому применению [2].

Рис. 7.7. Технологическая схема устройства сборного аэродромного покрытия из предварительно напряженных железобетонных плит типа ПАГ:  
1 – автосамосвал для доставки материала выравнивающего слоя; 2 – автогрейдер; 3 - планировщик основания; 4 – автокран для монтажа плит; 5 – вибропосадочная машина; 6 – щеточная машина; 7 – сварочный агрегат; 8 – заливщики швов; 9 – автомобиль для доставки плит; 10 - автокран для установки рельс-форм

Возможны и другие варианты технологических схем по устройству сборного аэродромного покрытия из плит типа ПАГ или ПАП с использованием монтажных кранов повышенной грузоподъемности, новейшей дорожно-строительной техники, позволяющих вести укладку, омоноличивание и гидроизоляцию швов на более широких захватках и с более высокими темпами строительства или реконструкции аэродромных сооружений. При всех применяемых технологических схемах должно быть обеспечено высокое качество строительной продукции, отвечающее требованиям действующих стандартов и норм.

### **7.5. Контроль качества строительных работ при устройстве сборных аэродромных покрытий**

Качество сборных аэродромных покрытий во многом зависит от систематичности операционного контроля: качества строительных материалов, применяемых для устройства искусственных оснований и выравнивающих прослоек, плит сборных аэродромных покрытий. Особое внимание должно уделяться качеству уплотнения слоев искусственного основания, обеспечению потребной их прочности и дренирующей способности. Работоспособность и долговечность сборного аэродромного покрытия прямо зависит от ровности его поверхности. Поэтому важно обеспечить ровность выравнивающей прослойки до укладки на неё плит, определяющей сплошность контакта с ней подошвы плиты. От правильности, точности и тщательности укладки сборных плит на поверхность искусственного основания или выравнивающей прослойки зависит прямолинейность поперечных и продольных швов между плитами и высота уступов между ними, а также качество сварки стыковых скоб между соседними плитами.

Нормативные требования, которые должны строго соблюдаться при строительстве сборных покрытий из предварительно напряженных железобетонных плит представлены в табл. 7.4.

Регулярно должны контролироваться геометрические размеры и качество поверхности поступающих на строительный объект сборных плит согласно требованиям ГОСТ 25912.0-83. При этом контролю подвергают одну плиту на каждые доставляемые 200 плит (см. также 7.2)

После укладки плит на основание перед сваркой их стыковых соединений производят визуальный контроль контакта подошвы одной плиты с основанием (выравнивающей прослойкой) при выборочном её поднятии из числа 100 уложенных плит. Если при этом обнаруживается неполный контакт этой плиты с основанием и еще одной, то производят повторную вибропосадку или их прикатку тяжелыми автомобилями или катками на всем проверяемом участке.

При монтаже плит необходимо регулярно контролировать ширину пазов поперечных и продольных швов между плитами. Она должна быть равной 8-12 мм без учета фаски на кромках плит. Обнаруженные отклонения должны устраняться в процессе монтажа плит. Измерение производят штан-



генциркулем. Контрольно-оценочные измерения ширины пазов швов на готовом покрытии производят на трех поперечниках на 1 км.

**Таблица 7.4. Предельно-допустимые отклонения от проектных требований при строительстве сборных аэродромных покрытий [22]**

Конструктивный элемент, вид работ и контролируемый параметр	Значения нормативных требований для категорий нормативных нагрузок		Метод контроля
	в/к, I, II, III	I, V и VI	
1. Сборные покрытия из предварительно напряженных железобетонных плит			По ГОСТ 30412
1.1. Ровность (просвет под рейкой длиной 3 м)	Не более 2 % результатов определений могут иметь значения просветов до 10 мм, остальные – до 5 мм	Не более 5 % результатов определений могут иметь значения просветов до 10 мм, остальные – до 5 мм	
1.2. Превышение граней смежных плит в швах сборных покрытий			Измерение металлической линейкой или штангенциркулем  То же
поперечных	Не более 10 % результатов определений могут иметь значения до 6 мм, остальные – до 3 мм	Не более 20 % результатов определений могут иметь значения до 6 мм, остальные – до 3 мм	
продольных	То же, до 10 мм, остальные – до 5 мм	То же, до 10 мм, остальные – до 5 мм	
Все слои искусственных оснований и покрытий			Нивелирование
1.3. Высотные отметки по оси каждого ряда	Не более 5% результатов определений могут иметь отклонение до $\pm 15$ мм, остальные – до $\pm 5$ мм	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонение до $\pm 15$ мм, остальные – до $\pm 5$ мм	
1.4. Поперечный уклон каждого ряда	То же, до $\pm 0,005$ , остальные – до $\pm 0,002$ ( но не выше норм годности)	То же, до $\pm 0,005$ , остальные – до $\pm 0,002$ ( но не выше норм годности)	Расчет по результатам исполнительной геодезической съемки

Уступы между плитами высотой более 5 мм должны устраняться шлифовальными машинами с рабочими алмазными органами [8].

## **7.6. Техника безопасности при строительстве сборных аэродромных покрытий**

При строительстве сборных железобетонных покрытий аэродромных сооружений основные объемы строительных работ выполняются с тяжелыми аэродромными плитами при их складировании и монтаже, доставляемыми к месту складирования или монтажа транспортными средствами. Безопасная организация погрузочно-разгрузочных и транспортных работ требует механизации всех процессов. Поэтому все крупные погрузочно-разгрузочные и приобъектные склады оснащаются механизированными устройствами – кранами. Отметим, что механизированный способ погрузочно-разгрузочных работ является обязательным при массе грузов более 50 кг и подъеме грузов на высоту более 3 м.

Сборные железобетонные элементы обычно доставляют автотранспортом. Особые меры безопасности требуются при перевозке крупноразмерных плит. Места установки подкладок и прокладок задаются проектом.

При разгрузке и погрузке любых материалов и изделий при помощи подъемных механизмов нельзя находиться под поднятым грузом, а также в кабине автомобиля.

Организация складского хозяйства на строительной площадке должна осуществляться в соответствии с требованиями, предусмотренными проектом производства работ, в котором установлены размеры площадей для каждого вида строительных материалов, деталей и оборудования.

Строительные машины, как правило, работают в наиболее тяжелых и неблагоприятных условиях. Безопасность при их эксплуатации зависит от состояния самой машины, вспомогательных устройств и приспособлений (грузозахватных, ограждающих и др.), рабочей площади (основания), а также перерабатываемых и перемещаемых грузов.

Общие требования по технике безопасности при их эксплуатации сводятся к следующему. Все строительные машины, находящиеся в эксплуатации, должны иметь инструкцию по эксплуатации. К управлению строительными машинами допускаются лица, аттестованные специальной комиссией и имеющие соответствующие удостоверения.

В процессе эксплуатации строительных машин должна быть обеспечена их устойчивость под действием различных нагрузок (ветровых, динамических, от собственной массы) и по другим причинам.

На электрифицированной железной дороге расстояние между крайней точкой машины и контактным проводом должно быть не менее 2 м.

Все грузоподъемные машины и грузозахватные приспособления должны быть технически освидетельствованы.

Для стреловых кранов (пневмоколесных, автомобильных) движение с грузом должно осуществляться в точном соответствии с указаниями инструкции о величине подвешенного к крюку груза, о расположении стрелы и скорости движения.

Машинист крана обязан при начале подъема груза, а также при перемещении его над участками, где могут находиться люди, подавать звуковые сигналы. Подъем груза, а также возвращение порожнего крюка производят только после подачи сигнала стропальщиком или сигнальщиком. По сигналу "Стоп" машинист обязан немедленно прекратить работу крана независимо от того, кто подал сигнал.

Машинист, сигнальщик и стропальщики должны знать единую сигнализацию, принятую на стройке, и порядок обмена сигналами.

Перемещать транспортные средства, находящиеся под разгрузкой или погрузкой, разрешается только по сигналу стропальщика.

Прежде чем начинать работу с электроинструментом, необходимо убедиться в его исправности и наличии заземления корпуса. К работе с электроинструментом допускаются лица, имеющие первую квалификационную группу по технике безопасности при эксплуатации электроустановок. Перед началом работы с инструментом рабочий должен получить инструктаж о безопасных способах производства работ, проверить средства индивидуальной защиты, осмотреть и проверить электроинструмент на холостом ходу. Не разрешается передавать электроинструмент другим лицам, разбирать и ремонтировать его, держаться при работе за питающий электропровод, оставлять без надзора электроинструмент, присоединенный к электросети.

Приступая к электросварочным работам, нужно заземлить электросварочный аппарат.

Перед началом работ проверяют исправность электродвигателей, сварочных машин и трансформаторов, шлангов и проводов.

Сварочные агрегаты должны включаться в сеть при помощи закрытых рубильников; при этом нельзя прикасаться голыми руками не только к неизолированным металлическим частям электрических цепей и электросварочных агрегатов, но и к изолированным токоведущим частям, т. к. изоляция может быть повреждена. После окончания работы и при уходе с рабочего места рубильник следует выключить. Электросварщики должны быть снабжены электродержателями с токо- и теплоизолирующей рукояткой, брезентовой спецодеждой, кожаными ботинками и брезентовыми рукавицами. Они должны иметь щитки с защитными стеклами для глаз, способными поглощать ультрафиолетовые лучи и снижать яркость дуги.

Особое внимание должно уделяться безопасности при приготовлении битумных и изоляционных мастик и доставке их на рабочие места. Котлы для варки и разогревания мастик должны быть в исправном состоянии и иметь плотно закрывающиеся несгораемые крышки. Заполнять котлы можно только на 2/3 их емкости. Котлы устанавливаются с наибольшим уклоном в сторону, противоположную топке. Возле каждого котла должен постоянно находиться комплект противопожарных средств. Во избежание вспучивания

битумной массы и выброса её из котла добавлять сырой и холодный битум в горячую массу не разрешается.

Смешивать битум с бензином можно на расстоянии не менее 50 м от места разогрева. При смешивании разогретый битум вливают в бензин, а не наоборот, и перемешивают его. Температура битума в момент приготовления праймера не должна превышать 70° С. Перемешивание производят деревянными мешалками.

В случае возникновения пожара котел плотно закрывают металлической крышкой, огонь заливают пеной из огнетушителя, а отдельные горящие очаги засыпают песком. При необходимости переноса мастики к месту работ используют закрытые бачки в виде усеченного конуса с плотно закрывающимися крышками. Наполнять бачки допускается не более чем на  $\frac{3}{4}$  их емкости. Проходы для транспортирования бачков должны быть свободны от посторонних предметов, строительных материалов, изделий и мусора.

## ГЛАВА 8. ЦЕМЕНТОБЕТОННЫЕ ЗАВОДЫ. ЗАВОДЫ И ПОЛИГОНЫ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

### 8.1. Общие сведения о цементобетонных заводах

Цементобетонный завод (ЦБЗ) представляет собой комплекс сооружений и оборудования, предназначенных для приготовления цементобетонных смесей.

В них входят: бетоносмесительная установка с расходными емкостями для щебня, песка, цемента; дозаторы, бетоносмесители, склады, транспортно-техническое оборудование; средства автоматизации, программного управления, систематизации, хранения данных и др.

Для строительства монолитных цементобетонных, армо- и железобетонных покрытий аэродромных сооружений целесообразно использовать ЦБЗ, расположенные на небольшом расстоянии от строящегося объекта. Это могут быть действующие ЦБЗ, находящиеся на расстоянии доставки смеси в течение не более 1 ч. ЦБЗ для временной эксплуатации на период устройства аэродромных сооружений следует размещать вблизи строительной площадки с учетом возможности подведения к ней железнодорожной ветки. При этом, время доставки цементобетонной смеси к месту её укладки не должно превышать 30 мин.

По способу устройства и времени эксплуатации ЦБЗ делятся на стационарные, временные (сборно-разборные) и мобильные (передвижные).

Стационарные ЦБЗ сооружают с расчетом на длительную (многолетнюю) эксплуатацию с целью круглогодичного обеспечения бетонной смесью заводов железобетонных изделий, городов, крупных населенных пунктов вблизи действующих промышленных предприятий, крупных строящихся объектов промышленного и транспортного назначения. На стационарных ЦБЗ возводятся складские сооружения капитального типа из сборного или монолитного железобетона, кирпичной кладки с фундаментами из монолитного бетона, сборных бетонных блоков или свай. Такие ЦБЗ обычно действуют в радиусе до 50 км.

Временные (сборно-разборные), как правило, легко перебазированные ЦБЗ обычно используют для обеспечения бетонной смесью объектов, расположенных в радиусе 15-25 км, в течение ограниченного времени (до 3-5 лет). Их устраивают с возможностью перебазирования после непродолжительного демонтажа и краткосрочной сборки на месте назначения. Эти заводы оснащаются инвентарным сборно-разборным оборудованием. Они перемещаются в контейнерах в виде отдельных модулей.

Мобильные (передвижные ЦБЗ) предназначены для кратковременной эксплуатации на период строительства или реконструкции небольших строительных объектов, а также выполнения на них ремонтных работ. Их целесообразно использовать, например, при удлинении и уширении аэродромных сооружений, усилении аэродромных покрытий и их капитальном или теку-

щем ремонте на срок от 0,5 до 1,5 лет. Мобильные заводы оснащают передвижным оборудованием, быстромонтируемым из крупных узлов и агрегатов. Как правило, их размещают вблизи реконструируемого объекта. Мобильные ЦБЗ обычно перевозятся автотранспортом.

Необходимость приобретения и выбора мобильного завода возникает в случаях, когда при строительстве или реконструкции объекта нет гарантии получения со стационарного завода бетона требуемого качества или же стационарный ЦБЗ отсутствует. Потребность в мобильном ЦБЗ может возникнуть и при реконструкции или текущем ремонте стационарного ЦБЗ.

Основное оборудование ЦБЗ – смесители подразделяются на смесители циклического (периодического) со свободным перемешиванием компонентов смеси и непрерывного действия с принудительным их перемешиванием. При свободном перемешивании бетонная смесь готовится отдельными замесами, величина которых зависит от емкости бетономешалки. Перемешивание смеси происходит во вращающемся смесительном барабане, на внутренних стенках которого неподвижно закреплены лопасти. Во вращающемся барабане смешиваемые материалы поднимаются лопастями вверх, а затем, свободно падая, перемешиваются.

Принудительное перемешивание происходит при непрерывной подаче материалов в смеситель лопастями, насаженными на вращающиеся навстречу друг другу валы. Производительность смесителей непрерывного действия составляет от 5 до 120 м<sup>3</sup>/ч. Следует отметить, что качество принудительно перемешанной бетонной смеси значительно выше, чем свободно перемешанной. Кроме того, смесители свободного перемешивания используются только для перемешивания пластичных смесей. Для перемешивания жестких смесей следует использовать смесители с принудительным перемешиванием.

По расположению оборудования ЦБЗ подразделяются на башенные и партерные. На башенных ЦБЗ компоненты бетонной смеси перемещают вверх, а затем под действием гравитации они устремляются вниз, проходят через определенные устройства, превращаясь в бетонную смесь, и поступают на выдачу. Поэтому башенные ЦБЗ называют одноступенчатыми. На партерных ЦБЗ оборудование расположено так, что для приготовления бетонной смеси компоненты проходят подъем вверх два раза, сначала в расходный бункер, а затем через дозаторы (во второй раз) они подаются в смеситель. Преимущество партерных ЦБЗ состоит в удобстве их монтажа и демонтажа. Поэтому их используют на временных и мобильных ЦБЗ.

По виду продукции ЦБЗ отличаются выпуском готовой смеси (товарного цементабетона) и сухой смеси, применяемые в случае длительности доставки (из-за больших расстояний) от завода к месту укладки. Перевозка сухой смеси осуществляется автобетоносмесителями с приготовлением в них бетона в пути или же на месте укладки.

По степени механизации и автоматизации ЦБЗ могут быть комплексномеханизированными (неавтоматизированными), частично автоматизированными, полностью автоматизированными.

На неавтоматизированных ЦБЗ управление машинами и агрегатами может быть механизированным или дистанционным. При частичной автоматизации управление некоторыми узлами не автоматизировано, а осуществляется дистанционно (с пультов управления).

При полной автоматизации управление всеми технологическими процессами, в том числе на складах инертных и цемента, на участках погрузки и разгрузки материалов осуществляется компьютерами без участия людей.

## 8.2. Устройство и функционирование ЦБЗ

ЦБЗ, как правило, включает в себя три важнейших технологических узла и участки, оборудованные всем необходимым для обеспечения их функционирования: энергетический, теплогенерирующий, снабжение водой, снабжение сжатым воздухом. На заводе должны быть ремонтная мастерская, бытовые и административные помещения и центральная лаборатория.

Складской узел ЦБЗ предназначен для приема, хранения и выдачи крупного заполнителя (щебня), мелкого заполнителя (песка) и вяжущего (цемента). В него также входят склад добавок в бетонную смесь, склад топлива и ГСМ, склад материально-технического имущества. В складское хозяйство ЦБЗ входят погрузочно-разгрузочные машины.

Доставка щебня и песка на склад ЦБЗ в большинстве случаев производится железнодорожным транспортом: в гондолах, думпкарах, полувагонах, платформах. Для приема заполнителей с железнодорожного или автомобильного транспорта используются различные приемные устройства, выполняемые по емкостной схеме – с разгрузкой по протяженному фронту, безъемкостной схеме – с разгрузкой в фиксированной точке, комбинированной схеме – с фронтальной и точечной разгрузкой. Большое распространение получили бункерные приемные устройства и безбункерные схемы. В первом случае заполнители из вагонов через металлические колосниковые решетки поступают в бункеры, а из них – транспортерами на склад или непосредственно в расходные бункера. Во втором случае заполнители из подвижного состава ссыпаются в траншеи, откуда подъемными механизмами с грейферным оборудованием, одноковшовыми погрузчиками, скреперами перемещаются на склад. Возможна выгрузка из полувагонов, подаваемых на повышенные железнодорожные пути, гравитационным способом. Такой способ выгрузки эффективен, но требует больших площадей для складирования инертных. Для выгрузки из полувагонов сыпучих материалов используют разгрузочно-штабелировочные машины черпающего типа (ковшовые элеваторы и штабелировщики в виде ленточных транспортеров). Выбор того или иного способа разгрузки и штабелирование сыпучих материалов производят на основе экономических расчетов годового экономического эффекта с учетом эксплуатационных расходов и капитальных вложений, приведенных к одному году эксплуатации склада по схеме [4].



где  $\square$  и  $\square$  – эксплуатационные расходы на содержание склада по сравниваемым вариантам, тыс. руб./год;  $k_1$  и  $k_2$  – капитальные вложения по вариантам складов, тыс. руб.

Для подачи заполнителей из складского узла в бетоносмесительный узел используют различного рода транспортеры. Если необходимо выдать заполнители со штабельного склада на автосамосвалы, то, как правило, используют наземные бункерные устройства.

Мелкий и крупный заполнители (песок, щебень, гравий, щебень из гравия) должны храниться отдельно по виду породы и фракциям на площадках, исключаящих их загрязнение. Площадки, как правило, должны иметь покрытие из монолитного или сборного бетона. При отсутствии на площадке бетонного покрытия нижний слой штабеля заполнителей толщиной 10-20 см нельзя использовать для приготовления бетонной смеси.

Разгрузка смерзшихся материалов (щебня, гравия, песка) требует предварительного их рыхления бурофрезерными машинами или машинами вибрационного действия.

На современных мобильных заводах склады могут быть отдельно расположенными с подачей материалов в металлические расходные бункеры средствами механизации или же применяют склады веерного типа. Для организации отдельно стоящих складов заполнителей требуются подготовленные площадки. Подача заполнителей в расходные бункеры осуществляется автопогрузчиком или ленточным транспортером. Склады веерного типа примыкают непосредственно к бетоносмесительному узлу и дозаторам. Они могут иметь разное количество отсеков. Загрузка производится драглайном или бульдозером. Веерными складами обычно оборудуются заводы производительностью до 80 м<sup>3</sup>/ч [18].

При необходимости на ЦБЗ должно быть организовано разделение крупного заполнителя на фракции и его промывка.

Цемент в складской узел ЦБЗ, как правило, поступает по железной дороге. Наиболее эффективна доставка цемента специальными железнодорожными вагонами-цементовозами с аэроционно-пневматической перегрузкой в складские емкости. В случае доставки цемента автоцементовозами их разгрузка производится под действием сжатого воздуха, получаемого от компрессора, установленного на цементовозе. Цемент сначала перемещается внутри емкости компрессора по аэролотку, а затем поступает в гибкий шланг, соединяемый с пневмоцементоводом, доставляющим цемент в складскую емкость. При транспортировании цемента на расстояние 100-150 км целесообразно использовать автоцементовозы грузоподъемностью от 20 до 120 т.

На стационарных ЦБЗ в настоящее время используют централизованные склады цемента большой емкости – склады-элеваторы. Такие склады располагают собственной железнодорожной веткой. Цемент на централизованных складах хранится в силосах. При силосном хранении цемента периодически производится аэроционно-пневматическое его рыхление и перекачи-



вание с целью предотвращения его слеживания. Перекачивание цемента из одного силоса в другой производится с помощью механического или пневматического оборудования. Силосные склады представляют собой батарею цилиндрических емкостей – силосов, изготовленных из металла или железобетона. Для строительства аэродромных сооружений из монолитного цементобетона общая емкость силосов должна составлять около 10 тыс. т.

При силосном хранении цемента и его перемещениях при разгрузке и по внутризаводским пневмотрубопроводам от складского узла к дозирочному и бетоносмесительному узлам обеспечивается предотвращение увлажнения и загрязнения цемента. При складировании цемента не допускается загружать в одну и ту же складскую емкость цемента разных марок и видов. Силосы оборудуются системой контроля уровня заполнения.

Склады цемента на временных (модульных) сборно-разборных ЦБЗ состоят из силосных банок, оборудованных системой уровня заполнения и устройством пневморазрыхления цемента. Подача цемента от силосов производится наклонными винтовыми конвейер-питателями непосредственно в дозатор.

Мобильные заводы имеют установленный на станине бункер цемента, из которого цемент подается в дозатор винтовым конвейером. В другом случае силосная емкость монтируется непосредственно над дозатором цемента.

Загрузка силосов цементом производится воздухом, а в случае поставки цемента в биг-бегах его разгружают специальной системой растаривания с подачей в силосную емкость конвейерным способом или с помощью сжатого воздуха через промежуточную герметическую емкость типа цистерны цементовоза [18].

Дозировочный узел ЦБЗ состоит из расходных бункеров-заполнителей бетона с дозаторами заполнителей, расходного бункера цемента с дозатором цемента, емкости для воды с дозатором для воды и емкостей добавок с дозатором добавок.

Требования к точности дозирования компонентов бетонной смеси регламентируют максимально допустимую погрешность для цемента  $\pm 2\%$ , воды и заполнителей –  $\pm 2,5\%$ . Дозирование производится только по массе сухих компонентов бетонной смеси. Исключением является дозирование воды и водных растворов добавок для бетона. Кроме дозирования по массе воду можно дозировать по объемным счетчикам – водомерам. Доза воды устанавливается с учетом влажности заполнителей или консистенции бетонной смеси. Дозировка материалов может изменяться только работниками центральной лаборатории. Выданный лабораторией рабочий состав бетона следует исправлять при изменении влажности мелкого и крупного заполнителей более чем на 1%. Исправность работы дозаторов полагается оценивать ежедневно в начале смены.

Расположение дозирочного узла на ЦБЗ зависит от устройства ЦБЗ. На заводах башенного типа (при одноступенчатой схеме подъема компонентов бетона) дозирочный узел располагают над бетоносмесительным узлом. На ЦБЗ партерного типа расходные бункеры заполнителей с дозаторами и

расходный бункер цемента с дозатором размещают рядом с бетоносмесительным узлом (рис. 8.1).

Рис. 8.1. Принципиальная схема расположения дозирочных узлов на ЦБЗ:

*a* – на заводах башенного типа; *b* – на заводах партерного типа;  
*1* - складской узел; *2* – дозирочный узел; *3* – смесительный узел [8]

Подача заполнителей в расходные бункеры производится по закрытой наклонной галерее ленточными транспортерами, а цемента, как правило, – по пневмотрубопроводам с помощью сжатого воздуха.

На сборно-разборных (модульных) и мобильных ЦБЗ дозирование бетонообразующих материалов осуществляется весовыми дозаторами. Дозирование цемента производится традиционными весовыми дозаторами. Дозаторы заполнителей на заводах мобильной и модульной конфигурации различны. Мобильный завод имеет жестко смонтированный на раме весовой бункер-контейнер. Подача заполнителей в смеситель из весового бункера осуществляется транспортером. На модульных заводах в качестве весовых дозаторов используется либо скиповый подъемник, которым загружается смесь в бетономешалку, либо весовой ленточный транспортер с наклонной транспортерной лентой. Дозаторы добавок-модификаторов как жидких (объемные или объемно-весовые), так и сухих могут быть предусмотрены на заводах любого типа в требуемом количестве с полностью укомплектованной системой подачи.

Бетоносмесительный узел ЦБЗ в общем случае состоит из приемной загрузочной воронки, бетоносмесителей и накопительных (раздаточных) бункеров. Загрузочная воронка предназначена для приема дозированных материалов, поступающих в неё из дозирочного узла. Из приемной воронки эти материалы поступают в бетоносмесители, предназначенные для перемешивания и образования бетонной смеси. После завершения процесса перемешивания компонентов бетона в бетоносмесителях готовая бетонная смесь поступает в накопительные бункеры, из которых производится её выдача и погрузка в транспортные средства.

Смешение компонентов бетона в бетоносмесителе представляет собой технологический процесс, результатом которого является получение из них однородной смеси. Качество перемешивания определяется равномерностью распределения исходных материалов в получаемой смеси. Оно зависит от

объема смешиваемых материалов, относительной скорости рабочих органов смесителя и смеси, времени перемешивания.

Режим работы бетоносмесителей циклического и непрерывного действия должен соответствовать заводским инструкциям по эксплуатации. Продолжительность перемешивания бетонной смеси в бетоносмесителях циклического действия, которые наиболее часто применяются для приготовления бетонной смеси при строительстве аэродромных сооружений, следует устанавливать опытным путем. При использовании высокопроизводительного смесителя гравитационного перемешивания циклического действия с объемом готового замеса 5-6 м<sup>3</sup> продолжительность перемешивания бетонной смеси с осадкой конуса не менее 2 см должна быть в пределах 60-90 с. При одних и тех же материалах и их правильной дозировке подвижность (жесткость) бетонной смеси, а также объем вовлеченного воздуха и объемная масса должны быть постоянными. Отклонение от заданных подвижности и объема вовлеченного воздуха свидетельствуют о нарушении дозировки материалов или их качества (зернового состава, влажности) и требует немедленного вмешательства лаборатории.

Процесс приготовления цементобетонной смеси на стационарных ЦБЗ, оснащенных смесителями циклического действия, складывается из следующих последовательных технологических операций (рис. 8.2): со склада заполнителей (1) щебень и песок транспортером (2) подаются через поворотную воронку (3) в расходные бункеры (4). Щебнем пофракционно заполняются два бункера, песком – один бункер, цементом, подаваемым из силосов (11) ковшовым элеватором (9) или пневмоспособом, заполняется четвертый бункер. Из расходных бункеров материалы попадают в весовые дозаторы, установленные под каждым из расходных бункеров, а затем, после весового дозирования, поступают в приемную воронку (6). Из приемной воронки материалы подаются в бетоносмесители (7). Сюда же из баков, через дозирочные устройства в строго дозированных количествах поступают вода и растворы химических добавок. В смесителях происходит перемешивание бетонообразующих материалов до образования гомогенной цементобетонной смеси. Готовой цементобетонной смесью заполняются накопительные бункеры (8). Выдача готовой цементобетонной смеси из накопительных бункеров производится в автобетоновозы, автобетоносмесители или автомобили-самосвалы.

Транспортные средства, используемые для доставки цементобетонной смеси на строительные объекты, должны обеспечивать полную сохранность её качества: исключать попадание в неё атмосферных осадков; не нарушать её однородность; не допускать потери цементного молока и расслаивания; сводить к минимуму вредные воздействия температур, ветра и солнечной инсоляции.

Доставляемая к месту укладки цементобетонная смесь должна иметь заданную подвижность и однородность, а образуемый после её твердения и ухода за ней бетон - проектную прочность, морозостойкость, водонепроницаемость и другие, определяемые проектными требованиями характери-

ки. При выборе транспортных средств для доставки на место назначения цементобетонной смеси необходимо учитывать время транспортирования, погодные условия, состояние дорог, подвижность и состав бетонной смеси.

Рис. 8.2. Технологическая схема приготовления цементобетонной смеси на стационарном ЦБЗ башенного типа с бетоносмесителями циклического типа:  
1 – склад заполнителей; 2 – транспортер; 3 – поворотная воронка; 4 – расходный бункер;  
5 – весовые дозаторы; 6 – приемные воронки; 7 – смесители; 8 – накопительные бункеры;  
9 – ковшовый элеватор; 10 – баки с дозировочными устройствами химических добавок;  
11 – силосы для хранения цемента

В настоящее время при строительстве аэродромных сооружений, зданий и сооружений аэропортов для приготовления цементобетонной смеси, как правило, используются автоматизированные ЦБЗ.

Автоматизация приготовления бетонных смесей дает возможность получить высокое качество готовой строительной продукции, повысить производительность труда, а также его социальную и экономическую эффективность. Вместе с тем, автоматизированные ЦБЗ дают возможность снизить затраты сырья, электроэнергии, топлива и воды по сравнению с неавтоматизированными ЦБЗ.

Автоматизированные ЦБЗ работают по следующей схеме. По сигналу светофора водитель транспортного средства подает его под накопительный бункер и вводит жетон или карту в кассовый аппарат, включая реле данной марки бетона (раствора). В действие приводятся механизмы, которые подают компоненты бетонной смеси из расходных бункеров в дозаторы, осуществляющие их дозирование. После этого отдозированные компоненты направляются в смеситель. По завершению процесса перемешивания компонентов, готовая бетонная смесь направляется в накопительный бункер, а оттуда, после открытия затвора накопительного бункера, она выдается в кузов или емкость транспортного средства. Комплект аппаратуры автоматики ЦБЗ позволяет осуществлять различную степень автоматизации: управление дозаторами и бетоносмесителями, транспортными внутризаводскими механизмами для подачи компонентов бетона в расходные бункеры. Вместе с тем реализу-

ется программное управление: задание класса бетона; введение поправок и регистрация заданных фактических составов смеси; вывод информации на централизованные системы и пульта управления. Контроль работы основных элементов автоматики ЦБЗ осуществляется на компьютеризованных пультах управления. Планирование поставок цементобетонной смеси выполняется при помощи компьютеров с учетом оптимальных маршрутов и графиков её доставки.

Производительность ЦБЗ зависит от объема установленных в бетоносмесительном узле бетономешалок и периодичности выдачи из них готовой смеси. В настоящее время имеется большой выбор бетономешалок различного типа и объема. В их числе:

- традиционная закрытая чаша с турбулентным перемешиванием материалов лопастями и выходом готового бетона от 0,25 до 2 м<sup>3</sup>;
- лотковые – одно и двухвальные (с горизонтальными валами) и с винтовыми лопастями или лопатками опрокидывающиеся или с лотковой выгрузкой. Выход бетона 0,75 до 5 м<sup>3</sup>;
- вращающиеся барабаны с ребрами перемешивания, опрокидывающиеся с выходом бетона от 2 до 5 м<sup>3</sup>.

Все эти типы бетоносмесителей обеспечивают требуемое качество перемешивания. Их рабочие поверхности защищены от истирания броней. Первые два типа представляют собой закрытые емкости. Их легко ремонтировать при смене брони и лопастей. Барабанные смесители имеют открытую горловину. При такой конструкции может происходить выброс сухого цемента в процессе загрузки материалов. Не исключается неполная выгрузка готовой смеси из-за отсутствия понуждающего механизма. Такие смесители требуют частой тщательной промывки. Доступ во внутреннюю часть барабана для технического обслуживания затруднен.

При установке бетономешалки на мобильные ЦБЗ уменьшается высота загрузки готовой бетонной смеси в транспортное средство до 2 м. В связи с этим выгрузку бетона из смесителя можно осуществлять в автосамосвалы или бетоновозы с открытым кузовом. В противном случае нужно располагать промежуточным подъемно-транспортным средством, для загрузки автобетоносмесителя на высоте до 3,9 м.

Мобильные ЦБЗ производят в РФ предприятиями: ОАО "345 механический завод", ОАО "Мосстройконструкция", ЗАО "Комс – Экспорт". Частично эти заводы укомплектованы экспортным оборудованием. Его закупки производятся за рубежом. Экспортерами таких заводов являются американские и европейские фирмы, такие как CON-T-CO, Trie Strayer Company, EL-VA-WERK, Wiggert + Co GmbH.

Модульные заводы дороже мобильных. Они могут поставляться в летнем и зимнем исполнении. Мобильные заводы предназначены для эксплуатации только при положительной температуре. Модульный и мобильные заводы надежны в работе, имеют полную автоматизацию производственного процесса и заводского документооборота с компьютерной системой программного управления, а также возможного приготовления цементобетонной

смеси в ручном режиме. При использовании ЦБЗ с программным управлением задается только рецептура на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси, последующие технологические процессы протекают в автоматическом режиме.

Зависимость производительности ЦБЗ от объема бетоносмесителя представлена в табл. 8.1.

**Таблица 8.1. Зависимость выхода готовой цементобетонной смеси и производительности ЦБЗ от объема бетоносмесителя**

Параметры ЦБЗ	Ед. измер.	Количественные показатели						
Объем бетоносмесителя по загрузке	м <sup>3</sup>	0,75	1,5	2,25	3,0	3,8	6,0	7,6
Выход готового цементобетона	м <sup>3</sup>	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	4,0	5,0
Производительность ЦБЗ (паспортная)	м <sup>3</sup> /ч	20	50	70	90	≥ 120	≥ 170	≥ 200

Приготовление бетонной смеси в зимнее время обычно производится на стационарных ЦБЗ. Такие заводы должны быть оснащены всем необходимым оборудованием, чтобы обеспечить выход из бетоносмесителя цементобетонной смеси расчетной температуры. Величина наибольшей допустимой температуры воды, заполнителей и смеси устанавливается техническими условиями. При загрузке в бетоносмеситель заполнители не должны содержать в себе смерзшихся комьев, кусков льда, наледи и снега на гранулометрических элементах. На складах ЦБЗ штабели инертных должны быть защищены от снежных заносов. При необходимости размораживание, оттаивание и подогрев инертных производят с помощью горячего воздуха в штабелях, бункерах, сушильных барабанах. Воду подогревают в емкостях паром или водонагревателями.

При перемешивании компонентов цементобетонной смеси вводится зимний режим, при котором продолжительность перемешивания по сравнению с летним режимом увеличивают в 1,5 раза. В случае приготовления цементобетонной смеси с подогревом только воды в барабан смесителя загружают одновременно с подачей 50 % воды щебень или другой крупный заполнитель. После двух-трех оборотов барабана в него загружают песок, цемент и остальную воду. Все трубопроводы, помещения, бункеры и бетоносмесители должны быть утеплены.

### **8.3. Современные стационарные, транспортабельные бетонные заводы и приобъектные бетоносмесительные установки**

Известным производителем бетонных заводов является компания OS-MER Grandi Impianti, уже на протяжении более 30 лет занимающая стабиль-

ное положение на мировом рынке. На предприятии в Кампогальяно (Модена) ежегодно производится более 60 заводов для работы в Италии, Англии, Норвегии, Арабских эмиратах и др. странах. Компания OSMER работает в соответствии с сертификатами от TUV CERT и UNI EN ISO 9001:2000. Все этапы производства от разработки проектной документации до выпуска готовой продукции осуществляется на предприятии OSMER. Высококачественные узлы и блоки бетонных заводов и их тестирование на месте назначения дают гарантию высокой работоспособности и надежности поставляемого оборудования. Компания OSMER разрабатывает как стационарные бетонные заводы серии SUPERMATIC, так и транспортабельные заводы серии EXPORTMATIC.

Серия SUPERMATIC разработана для использования на капитальных производственных базах для снабжения бетонов определенного района потребления на постоянной основе. Производительность стационарных ЦБЗ SUPERMATIC не ограничена. По каждому запросу потребителя может быть разработан индивидуальный проект, учитывающий любые его пожелания. Технологическое оборудование таких заводов устанавливается на прочные металлоконструкции, смонтированные на фундаментах потребной несущей способности. Технологические узлы и оборудование располагаются таким образом, чтобы обеспечить их оптимальное использование, минимальные вибрации и высокую экологичность. Заводы оснащаются современной компьютерной системой управления, аппаратурой и оборудованием, обеспечивающими их полную автоматизацию. Монтаж заводов данной серии занимает от 15 до 30 смен. Для управления заводом нужен один оператор, а для его технической эксплуатации еще три человека – механик, технолог и оператор по загрузке инертных. На рис. 8.3 изображен стационарный автоматический завод серии SUPERMATIC. Технические характеристики стационарных ЦБЗ данной серии представлены в табл. 8.2.

Для всех указанных в табл. 8.2 ЦБЗ с той или иной производительностью возможна "зимняя" комплектация для работы при отрицательных температурах. В качестве примера приводится комплектация стационарного автоматического бетонного завода OSMER производительностью 80 м<sup>3</sup>/ч. В узле хранения инертных материалов предусмотрено 4 бункера объемом 80 м<sup>3</sup>. Бункеры оборудованы регулируемыми пневматическими устройствами открывания разгрузочных воронок. Два бункера для песка покрыты эластичным материалом и оборудованы двумя электровибраторами и двумя влагомерами. Каждая разгрузочная воронка имеет сдвоенную заслонку, распределяющую инертные материалы для увеличения точности дозирования. Трубы и соединения в бункерах инертных материалов могут быть подключены к системе отопления.

Для дозирования инертных материалов предназначен весовой бункер. Материалы в дозатор подаются ленточным конвейером.

Пневматическое оборудование представлено воздушным компрессором емкостью 300 л, установкой для очистки воздуха, распылителем масла, регулятором давления и двумя электродвигателями.

Рис. 8.3. Стационарный автоматический ЦБЗ серии SUPERMATIC

Для дозирования цемента предназначено одно дозирующее устройство, расположенное на смесителе с пневматическим приводом для выпускных клапанов, комплектом весовых ячеек типа "STI". Масса взвешиваемого груза 1000 кг, точность 1 кг. Дозатор имеет карту аналоговых выходов для подключения автоматики.

Цемент доставляется от силосов к дозатору двумя трубчатыми шнеками диаметром 273 мм и длиной 12 м. Производительность шнеков 80 т/ч.

Для дозирования воды предназначена система дозировки с автостопом (импульсное измерение) с шаровыми шлюзовыми воротами. В качестве емкости для воды используется сосуд из полиэтилена объемом 2000 л, установленный на раме. Вода из сосуда подается для очистки смесителя.

Загрузка инертных материалов в смеситель производится загрузочным скипом емкостью 2400 кг.

В качестве смесительного оборудования используется двухвальный смеситель типа RG 3000, предназначенный для смешивания полусухого и жидкого цементобетона. Смеситель устанавливается на быстромонтируемой раме. Открывание смесителя возможно с помощью гидравлики и вручную.

Автоматика завода выполнена на базе электронного оборудования типа "BETONWIN MIXED".

Его характеристики:

- связь с электромеханической панелью осуществляется подключением панели управления PLC OMRON типа 200 H;



- цветной монитор 17";
- компьютер IBM Pentium или более совершенный;
- принтер;
- программное обеспечение;
- стандартная клавиатура.

Таблица 8.2. Технические характеристики стандартных автоматических ЦБЗ серии SUPERMATIC

Параметры		Единица измерения	Показатели				
Производительность		м <sup>3</sup> /ч	30	60	120	200	300
Количество определений инертных материалов		ед.	3	4	6	12	12
Загрузка инертных материалов в расходные бункера		мод.	пандус	пандус	элеватор	конвейер	конвейер
Общий объем расходных бункеров инертных материалов		м <sup>3</sup>	40	80	130	260	400
Загрузка инертных материалов в смеситель		мод.	скип	скип	конвейер	конвейер	конвейер
Количество технологических линий		шт.	1	1	2	2	3
Применяемые смесители	планетарный противоточный	мод	SF 2400	SF 4000	SF 8000	–	–
	горизонтальный двухосный	мод.	RG 1125	RG 2500	RG 3000	RG 6000	RG 6000
	тарельчатый	мод.	TR 2400	TR 4000	TR 8000	–	–
	горизонтальный одноосный						
Количество смесителей		шт.	1	1	2	2	3
Производительность за один цикл		м <sup>3</sup>	0.75	1.5	2.0	4.0	4.0
Потребляемая мощность		кВт	65	140	275	520	760
Размеры в плане (без пандуса)		м	зависит от принятой компоновки				
Максимальная высота без силоса		м	зависит от принятой комплектации				

#### Особенности:

- дозировка шести инертных материалов последовательно по одной ячейке, четырех цементов последовательно по объему и массе;
- управление датчиками влажности для корректировки процента дозировки воды в каждой формуле (автоматически или вручную с клавиатуры);

- дозировка по чистому весу с функцией поправки количества  $\text{м}^3$  фракции, массы цемента, массы льда, количества литров воды и добавок, количества циклов, количества формул и необходимой кубатуры;
- 1000 формул в памяти, календарь и часы;
- управление входящими материалами и документацией при транспортировке;
- управление хранением и накоплением, управление производством;
- полное управление смесителем.

Добавки дозируются высокоточным дозатором добавок по объему, состоящим из насоса с впускным и выпускным клапанами. Емкость дозатора 10 л. Для контроля дозирования добавок предусмотрены две системы автоматического контроля добавок типа "DVA".

Контроль влажности инертных материалов осуществляется микроволновой системой датчиков влажности, измеряющей микроволны воды, содержащейся внутри инертного материала. Датчик имеет следующие характеристики: измерение температуры – от 0 до 70° С; измерение влажности от – 0 до 20 %; глубина проникновения волн – от 70 до 100 мм. Калибровка – по программному обеспечению TRWIN.

Известным производителем стационарных и мобильных бетонных заводов является турецкая фирма Меса, занимающаяся их проектированием, производством, монтажом и укомплектованием. Эта фирма поставляет заказчикам стационарные бетонные заводы производительностью от 30 до 180  $\text{м}^3/\text{ч}$  с компьютерным управлением и полной автоматизацией технологических процессов. Заводы оборудуются высокопроизводительными одно- и двухосными, а также планетарными смесительными установками (рис. 8.4). На рис. 8.5 изображен стационарный автоматический бетонный завод НВ 180W фирмы Меса производительностью 180  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

*а*

*б*

*в*

Рис. 8.4. Смесители фирмы Меса:

*а* – одноосный смеситель; *б* – двухосный смеситель; *в* – планетарный смеситель

Рис. 8 5. Общий вид стационарного бетонного завода МВ 180W  
производительностью 180 м<sup>3</sup>/ч

Серия транспортабельных ЦБЗ EXPORTMATIC разработана для их эксплуатации на временных приобъектных строительных базах с учетом их последующей передислокации. Данная серия ЦБЗ вполне приемлема для размещения завода в стесненных условиях. Все технологические узлы данной серии ЦБЗ komponуются так, чтобы свести к минимуму транспортные и рабочие габариты. Оборудование смонтировано блоками на цельных металлических рамах. Для установки завода под эксплуатацию не требуются капитальные фундаменты. Завод может быть установлен на ровной уплотненной грунтовой площадке. Монтаж заводов данной серии занимает не более двух смен. Завод оснащен современной компьютерной системой управления. Для управления заводом требуется один оператор, поскольку все технологические процессы приготовления цементобетонных смесей автоматизированы. Для обеспечения максимальной мобильности заводы данной серии могут комплектоваться специальными горизонтальными силосами хранения цемента. Транспортабельный завод серии EXPORTMATIC представлен на рис 8.6.

Для перевозки такого транспортабельного или, другими словами, мобильного завода потребуются три машины (трейлера). Две машины понадобятся для перевозки самого завода и третья – для перевозки силоса. За первую рабочую смену монтируется легкособираемая рама с оборудованием, а в течение второй – производится наладка работы завода.

Технические характеристики ЦБЗ системы EXPORTMATIC представлены в табл. 8.3.

При строительстве транспортабельных ЦБЗ возможна "зимняя" комплектация для их работы при отрицательных температурах.

Транспортабельные заводы системы EXPORTMATIC укомплектованы: узлом хранения инертных материалов и устройством их разгрузки в весовой бункер; узлом дозирования инертных материалов с весовым бункером; дозатором цемента с весовым бункером, тензометрическими датчиками, цифровым дисплеем и трубчатым шнеком для транспортировки цемента из силосов

хранения в дозатор (силосы хранения оборудованы датчиками максимума и минимума загрузки, давления); дозатором воды с автоматической остановкой подачи; системой дозирования химических добавок с тензометрическими датчиками и цифровым дисплеем для считывания их показаний.

Рис. 8.6. Транспортабельный ЦБЗ серии EXPORTMATIC

В смесительный узел входят: планетарный противоточный смеситель с двойным приводом для полусухого, сухого бетона, песчаного раствора и подвижных смесей. Двойная система привода обеспечивает высокое качество перемешивания компонентов смеси. Система промывки смесителя оснащена пластиковым баком и насосом. Заводы имеют изолированные кабины управления.

Для автоматического управления заводом используется компьютерная система "BETONWIN" с цветным монитором, PC IBM Pentium, принтером, программным обеспечением и клавиатурой.

Система автоматического управления заводом имеет следующие характеристики:

- шесть дозировок инертных материалов последовательно, четыре дозирования цемента последовательно, две дозирования воды последовательно по массе, четыре дозирования добавок последовательно по массе;
- управление влажностью для точной корректировки процента воды в каждой формуле (автоматически или вручную с клавиатурой);
- отображение в реальном времени массы инертного материала, массы цемента, количества воды и добавок, количества циклов, количества формул и кубатуры;

Таблица 8.3. Технические характеристики ЦБЗ системы EXPORTMATIC

Параметры ЦБЗ		Единица измерения	Показатели				
Производительность		м <sup>3</sup> /ч	20	30	40	60	70
Количество отделений инертных материалов		шт.	3	3	3	4	4
Общий объем расходных бункеров инертных материалов		м <sup>3</sup>	40 / 60	40 / 60	40 / 60	70	70
Объем загрузочного скипа		м <sup>3</sup>	0,6	0,9	1,2	3,3	3,3
Применяемые смесители	планетарный противочувствительный	мод.	SF 2200	SF 2400	SF 2850	SF 4000	SF 8000
	планетарный противочувствительный	мод.	RG 750	RG 1125	RG 1500	RG 2500	RG 3000
Производительность за один технологический цикл		м <sup>3</sup>	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0
Потребляемая мощность		кВт	50	65	80	140	175
Размеры в плане без пандуса		м	20 × 8			23 × 8	
Максимальная высота без силоса		мЗ	9			11	

- содержание 1000 формул в памяти, постоянный календарь и часы;
- одновременный контроль производительности завода и расхода материалов;
- полное управление бетоносмесителем при возможности выполнения следующих операций: автоматический старт вибраторов в случае затруднений при выгрузке или недостаточном количестве материалов;
- быстрая корректировка каждого компонента, определение аварийной погрешности каждого компонента;
- автоматический рестарт с места ошибки при возникновении неполадок в системе управления.

Мобильные бетонные заводы выпускает также фирма Меса. Они представлены тремя типами: МВ 60М имеет емкость смесителя 1 м<sup>3</sup> и производительность 60 м<sup>3</sup> бетонной смеси в час; МВ 100М и МВ 100М-Grande Mobile с емкостью смесителя 2 м<sup>3</sup> и производительностью 100 м<sup>3</sup>/ч.

Мобильные заводы оборудованы бункерами, конвейерами, силовыми установками, емкостями для добавок, весовыми дозаторами, силосами для цемента, компрессорами и водяными насосами. Транспортировка мобильных

заводов осуществляется трейлерами, в контейнерах (при морской перевозке), а также с помощью собственных шасси (рис. 8.7).

Рис. 8.7. Транспортирование мобильного бетонного завода МВ 100М прицепом с помощью собственного двухосного шасси

Схема мобильного бетонного завода МВ 100М в собранном виде и в процессе его транспортировки представлена на рис. 8.8, а общий вид этого бетонного завода – на рис 8.9.

*а*

*б*

Рис. 8.8. Схема мобильного бетонного завода МВ 100М фирмы Меса: *а* – схема транспортировки завода; *б* – схема завода в собранном виде

Кроме систем SUPERMATIC и EXPORTMATIC, выпускаемых компанией OSMER, стационарных и мобильных бетонных заводов фирмы Меса и др. на рынке представлены приобъектные установки (БСУ) производител-

ностью от 5 до 25 м<sup>3</sup>/ч типа MF и RBM, а также установки COMBIMIX производительностью от 12 до 22 м<sup>3</sup>/ч.

Рис. 8.9. Общий вид мобильного бетонного завода MB 100M производительностью 60 м<sup>3</sup>/ч

БСУ MF и RBM представляют собой комплектные быстромонтируемые мобильные установки для приготовления бетонных растворных смесей различных классов в стесненных условиях небольших строительных площадок. Эти установки оснащаются планетарными противоточными смесителями принудительного действия, обеспечивающими высококачественное перемешивание и надлежащую гомогенизацию бетонной смеси (рис. 8.10).

Одной из основных характеристик этих установок является их полная автономность, благодаря автоматическому режиму, запускаемому через пульт программного управления, что позволяет осуществлять весь цикл операций без вмешательства человека (оператора) с сохранением постоянства качества и количества производимой цементобетонной смеси от замеса к замесу.

Загрузка заполнителей в приемный бункер установки осуществляется скребковыми конвейерами со складов, размещенных в пределах стройплощадки. Число монтируемых на установке скребковых конвейеров может достигать трех, благодаря чему может осуществляться одновременная подача четырех типов заполнителей.

Весовое дозирование производится в двух отдельных бункерах – для заполнителей и для цемента. Расходный силос для цемента оснащен шнеком, подающим цемент в весовой бункер-дозатор.

Выдача готовой цементобетонной смеси в транспортные средства из ковша смесителя производится посредством автоматической вращающейся

платформы с установленном на ней ковшом. Как только ковш подводится под разгрузочный люк смесителя происходит его автоматическое открывание, готовая смесь выходит в ковш, а из него поступает в транспортное средство. По завершению выгрузки платформа возвращает ковш в исходное положение.

*а*

Рис. 8.10. Приобъектная бетоносмесительная установка фирмы *Ricini*:  
*а* – БСУ MF; *б* – БСУ RBM производительностью до 25 м<sup>3</sup>/ч

*б*



Панель управления БСУ имеет программное обеспечение, позволяющее устанавливать в памяти до 12 составов различных смесей.

При эксплуатации БСУ возможна установка ленточного или шнекового транспортера для погрузки цементобетонной смеси непосредственно в автобетоносмеситель (размеры транспортера: длина – 12 м, ширина – 50-70 см, высота выгрузки – 4 м). Приобъектные бетоносмесительные установки RICCINI COMBIMIX стандартной комплектации предназначены для эксплуатации на небольших строительных объектах. Так же как и БСУ MF и RBM их легко разбирать, собирать и транспортировать с места на место.

Наиболее производительная БСУ COMBIMIX 1000 (производительностью 22 м<sup>3</sup>/ч) оснащена планетарным противоточным смесителем, бак и стенки которого защищены стальными сменными износостойкими панелями и лопатками. При монтаже установка не требует закладки фундамента. Она устанавливается на инвентарные опоры. Для инертных материалов и цемента предусмотрены отдельные бункеры с гидравлической разгрузочной дверцей. Инертные подаются в весовой бункер-дозатор скребковым конвейером с гидравлическим управлением, а цемент – непосредственно из силоса.

В качестве дозаторов используются весовые бункеры с вибраторами для противодействия налипанию частиц песка и цемента на их стенки. Весовой бункер-дозатор имеет электронный датчик нагрузки.

Благодаря возможности автоматического и ручного управления рабочими функциями БСУ возможно использование автоматической и ручной системы (с таймером, баком и насосом) подачи воды в бетоносмеситель.

Программное обеспечение работы БСУ в автоматическом режиме предусматривает предварительное внесение в память компьютера 12 составов цементобетонных смесей.

БСУ COMBIMIX 1000 имеет следующие технические характеристики:

- объем смесителя – 1500 л;
- выход цементобетонной смеси за цикл – 1000 л;
- производительность – 22 м<sup>3</sup>/ч;
- потребляемая мощность – 37 кВт;
- скорость движения скипа – 0,25 м/с;
- масса силоса для цемента – 2000 кг;
- дозатор цемента – 500 кг;
- дозатор инертных – 3000 кг.

Для подачи инертных предусмотрены два скребковых конвейера длиной 8 м с 35 чашками.

БСУ укомплектованы для работы только при положительных температурах воздуха.

#### 8.4. Контроль качества приготовляемой цементобетонной смеси

При строительстве монолитных цементобетонных аэродромных покрытий и их оснований должен осуществляться систематический контроль за соблюдением требований нормативно-технических документов и проектной документации. Контроль осуществляется инженерно-техническим персоналом, руководящим производством работ на строительном.

При приготовлении и укладке цементобетонной смеси лаборатория ЦБЗ должна контролировать:

- качество материалов;
- состав бетона и назначение дозировки материалов;
- правильность хранения материалов;
- точность дозирования компонентов цементобетонной смеси;
- приготовление бетонной смеси, её однородность, подвижность и жесткость;
- объем вовлеченного воздуха в цементобетонную смесь;
- прочность и морозостойкость бетона;
- ведение технической документации по контролю качества материалов, приготовления смеси и прочности бетона.

Качество материалов для бетона (цемент, песок, крупный заполнитель, вода, добавки) должна проверять лаборатория ЦБЗ или центральная лаборатория по паспортам, визуально, а также путем отбора проб материалов и последующего их испытания в лабораторных условиях согласно предписаниям действующих стандартов.

Песок и крупный заполнитель (щебень, гравий) подвергаются проверке по гранулометрическому составу, содержанию органических примесей, глины, пыли, воды. Проверяют также форму зерен (пластинчатость, игловатость), включение слабых пород, истираемость, морозостойкость.

Контроль качества цемента ведется при поступлении каждой партии, а при длительном хранении – через каждый месяц после первого.

Проверяют:

- нормальность густоты и сроков схватывания цементного теста;
- равномерность изменения объема;
- тонкость помола;
- активность цемента.

Качество песка контролируется путем определения не менее одного раза в смену влажности, зернового состава, модуля крупности, содержания в нем пылеватых и глинистых частиц методом отмучивания. Дополнительно влажность песка определяется после дождя и снеготаяния.

Качество крупного заполнителя контролируется по результатам определения (не реже одного раза в смену) его влажности, зернового состава, содержания пылеватых и глинистых частиц. Дополнительно влажность крупного заполнителя следует определять после дождя и таяния снега. Остальные испытания (форма зерен, наличие зерен слабых пород, морозостойкость и

др.) производят в том случае, если при визуальном осмотре партии крупного заполнителя установлены очевидные несоответствия с паспортными данными.

Концентрацию рабочих растворов поверхностно-активных веществ контролируют не менее одного раза в смену после приготовления новой порции раствора в расходной емкости.

Контроль однородности бетонной смеси осуществляют визуальным осмотром и (при необходимости) регулируют дозаторы, контроль режима перемешивания следует производить периодически, но не реже двух раз в смену.

Контрольные проверки работы дозаторов следует производить в процессе работы завода не реже одного раза в месяц и оформлять актами. Независимо от этого все весовые устройства должны проходить плановую проверку в установленные сроки, а также после ремонта.

Правильность дозирования материалов следует контролировать согласно рабочему составу бетона. При этом необходимо проверять последовательность загрузки всех материалов, продолжительность перемешивания, однородность и подвижность (жесткость) бетонной смеси. Их следует проверять также при каждом переходе на новый состав бетона или новые партии цемента и заполнителей.

Особое внимание следует уделять контролю дозирования цемента, воды и растворов добавок в бетон.

При отклонении от постоянных значений подвижности, объемной массы (плотности) и объема вовлеченного воздуха следует проверить дозировку материалов, качество зернового состава заполнителей и их влажность. В случае выявленных несоответствий требованиям проекта необходимо вмешательство лаборатории ЦБЗ. Подвижность бетонной смеси должна определяться не менее двух раз в смену по двум пробам, отобранными из произвольно выбранных замесов в середине смены. Пробы следует отбирать с интервалом 3-4 ч.

Количество вовлеченного в смесь воздуха должно контролироваться не реже двух раз в смену по результатам отбора и испытания двух проб, отобранных в середине смены с интервалом 3-4 ч.

При необходимости (например, при значительном расхождении между фактическими показателями подвижности и соответствующими показателями, указанными в выданном лабораторией составе), но не менее одного раза в две смены с отбором не менее двух проб разрешается определять состав бетонной смеси способом мокрого отсева.

Объемную массу бетонной смеси следует контролировать на ЦБЗ не реже одного раза в смену и во всех случаях изменения дозировки компонентов согласно действующему стандарту.

Ежедневно следует сверять количество бетонной смеси, отпущенной с завода и уложенной в покрытие. При расхождении свыше 3 % производят тщательную проверку для установления причины расхождения и её устранения.

Контроль прочности бетона должен производиться статистическими и нестатистическими методами на основе изготовления и испытания контрольных образцов в установленные сроки. Снижение прочности бетона в возрасте 28 сут при нестатистическом контроле не должно превышать 10 % при испытании на сжатие.

Пробы для изготовления образцов на ЦБЗ следует отбирать каждую смену. Контроль прочности бетона на месте его укладки допускается осуществлять либо по результатам испытаний выбуренных кернов, либо ультразвуковым импульсным методом.

Для ускорения контроля прочности допускается испытывать бетон в возрасте 3-7 сут. с учетом переходного коэффициента, установленного по результатам испытания образцов в возрасте 3-7 сут и 28 сут.

Проба смеси для испытания на прочность должна отражать действительные свойства бетона. На ЦБЗ её следует отбирать при выгрузке из смесителя (из кузова автомобиля), а на месте укладки – после выгрузки и распределения смеси на искусственном основании.

Ежемесячно и ежегодно качество выпускаемой на ЦБЗ смеси допускается оценивать по однородности бетона согласно данным испытаний контрольных образцов – балок.

В качестве показателя однородности бетона по прочности следует использовать коэффициент вариации (показатель изменчивости), определяемый согласно [12]. В зависимости от коэффициента вариации прочности допускается устанавливать следующие оценки качества бетона ЦБЗ:

- отлично – при коэффициенте вариации не более 10 %;
- хорошо – при коэффициенте вариации не более 13,5 %;
- удовлетворительно – при коэффициенте вариации не более 15 %.

Морозостойкость бетона в процессе строительства должна проверяться в соответствии с указаниями ГОСТ на методы определения морозостойкости.

## **8.5. Техника безопасности на ЦБЗ**

К работе на машинах и установках стационарных ЦБЗ, модульных и мобильных бетонных заводах, а также на БСУ допускаются лица, достигшие 18 лет, имеющие удостоверение на право управления машинами, прошедшие медицинский осмотр и необходимый инструктаж на рабочем месте.

Площадки под ЦБЗ надлежит выбирать согласно общим правилам, изложенным в нормативных документах по технике безопасности в строительстве.

В населенных пунктах и на территории аэропорта площадка ЦБЗ должна быть ограждена. Площадка ЦБЗ, проезды, проходы, галереи и рабочие места должны быть в темное время суток и при плохой видимости хорошо освещены.

ЦБЗ и БСУ должны быть оборудованы средствами тушения пожара. Все противопожарные мероприятия, осуществляемые на территории ЦБЗ, подлежат согласованию с заинтересованными ведомствами. Места, опасные

в пожарном отношении (компрессорная, узел по приготовлению добавок, источники электропитания и др.) должны быть оснащены противопожарными средствами.

Лицам, не связанным с обслуживанием машин и установок ЦБЗ и БСУ, запрещается находиться в зоне работ.

На ЦБЗ и БСУ рабочие и операторы цементных складов должны работать в респираторах, защитных очках и спецодежде.

Рабочие площадки заводов, переходы, галереи, лестницы должны быть чистыми и незагроможденными посторонними предметами. Места, загрязненные цементом, должны регулярно очищаться.

Перед началом работы машинист обязан проверить состояние машины и устранить обнаруженные неисправности, убедиться в отсутствии в машинах и на транспортерных лентах посторонних предметов, осмотреть приводную и натяжную станцию конвейерной линии, роликовые опоры, проверить состояние мест погрузки и выгрузки, подготовленность их к приему и выдаче материалов, а также состояние загрузочных и разгрузочных устройств.

В случае готовности завода к работе сменный мастер обязан сделать запись в книге дежурств, которая ежедневно должна проверяться дежурным механиком.

Перед пуском завода или БСУ необходимо дать установленный звуковой сигнал и включить на 1-2 с электродвигатели (предупредительный пуск). После него и паузы в 10-15 с электродвигатели разрешается включать для работы под нагрузкой. Запрещается работа при поврежденных сигнальных устройствах. После пуска двигателей разрешается открывать заслонки питающих бункеров, воронок, течек и пускать в работу дозирующее устройство.

Части трансмиссий (ремни, цепи, валы) должны быть ограждены на высоту не менее 2 м от пола и иметь сплошную обшивку снизу не менее 10 см от пола при металлической зашивке и 2 см при деревянной; горизонтально расположенные трансмиссии следует ограждать со всех сторон. Подходы к трансмиссиям должны быть высотой не менее 2 м и ограждены прочной надежно укрепленной конструкцией.

Транспортные галереи должны быть оборудованы средствами экстренной остановки.

При установке конвейеров в галереях, навесах, траншеях необходимо оставлять проход шириной не менее 0,75 м между стенкой и наиболее выступающей частью конвейера. Расстояние между наиболее высокой частью конвейера и потолком должно быть не менее 0,6 м, а между рабочей ветвью конвейерной ленты и полом – не менее 0,8 м. Конвейерная галерея должна быть освещена.

Проходы и проезды под конвейерной линией должны быть защищены от случайного падения грузов прочными навесами и козырьками.

Переходы через конвейерные линии значительной длины должны устраиваться в виде мостиков шириной не менее 1 м, огражденных прочными перилами.

При длительных остановках конвейера ленту нужно полностью освободить от транспортируемого материала. Запрещается перемещать на ленте людей, оборудование и детали машин.

В конце рабочей смены при выключенных машинах конвейерную ленту, ролики и барабаны приводной и натяжной станции следует очищать от грязи, пыли и материала.

Пуск конвейеров всех типов разрешается только обслуживающим их лицам.

Автомобили-самосвалы и автобетоновозы следует направлять под погрузку бетонной смеси по звуковому или световому сигналу, подаваемому оператором ЦБЗ. Запрещается производить работы при неисправных сигнальных устройствах.

Место подъезда автомобилей под погрузку следует очищать от бетонной смеси после окончания смены и в период длительных перерывов.

На ЦБЗ для рабочих должны быть предусмотрены душевые с горячей и холодной водой, умывальники, туалеты, помещения с индивидуальными шкафами для хранения личной одежды и спецодежды, помещения с аптечками и баками с питьевой водой, места отдыха.

## **8.6. Полигоны и заводы сборных бетонных и железобетонных изделий (ЖБИ)**

При строительстве аэродромных сооружений с использованием сборных железобетонных изделий для их изготовления предусматривается создание самостоятельных предприятий в виде полигонов и заводов бетонных и железобетонных изделий. Полигоны могут создаваться при строящихся аэропортах, как предприятие временного типа, продукция которых будет использоваться только в период их строительства. На таких полигонах изготавливают изделия узкой номенклатуры, например, звенья труб и колодцев (дождеприемных, тальвежных, смотровых), элементы устьевых сооружений, сборные основания для коллекторов, лотки для нагорных и водоотводных канав. В случае потребности в элементах для строящихся зданий и сооружений служебно-технической территории номенклатура изделий на таких приобъектных полигонах может быть расширена. В неё могут входить как крупноразмерные и тяжелые конструкции, так и мелкие несерийные элементы. В ряде случаев полигоны бетонных и железобетонных изделий целесообразно создавать при заводах ЖБИ или ЦБЗ, особенно, если они расположены на небольших расстояниях от строящихся аэропортов, а их продукция может применяться для строительства и других объектов.

При полигонном способе изготовления бетонных и железобетонных изделий технологическое оборудование располагается на открытых площадках, на которых, как правило, не предусматривается устройство капитальных зданий и сооружений для его размещения.

Функционирование приобъектных (построечных) полигонов ЖБИ предусматривает следующие технологические операции: прием и хранение

доставляемых инертных и вяжущих материалов, арматурной стали, пиломатериалов и изделий из древесины, листового металла, готовых форм, химических добавок, ГСМ и др. материалов и изделий; доставку всего необходимого к производственным узлам полигона, изготовление арматурных сеток и каркасов, заготовку арматурных стержней, закладных деталей; бетонирование изготавливаемых изделий и их тепловую обработку, выдерживание и уход за ними; распалубку изделий и конструкций, подготовку опалубки к дальнейшему использованию (очистка и ремонт); транспортирование готовых элементов к местам складирования и хранения; погрузку готовой продукции для отправки на строительный объект.

Для обеспечения функционирования полигона на его территории создаются складской, арматурный, смесительный, формовочный и термовлажностный узлы, внутрполигонные дороги, а также временные постройки для размещения в них административных, бытовых и производственных помещений.

Сборные железобетонные плиты различных типов, предназначенные для устройства аэродромных покрытий взлетно-посадочных полос, рулежных дорожек, мест стоянки самолетов, перронов, площадок специального назначения, а также плиты для строительства подъездных и внутрпортвых дорог изготавливают на крупных стационарных высокомеханизированных заводах железобетонных изделий и конструкций большой производительности.

Современный завод ЖБИ включает в себя склады заполнителей и цемента, бетоносмесительный, арматурный, опалубочный, формовочный, ремонтно-механический цехи, склад готовой продукции, котельную, компрессорную и другие подсобные подразделения. В основном производстве механизированы все главные технологические процессы: выгрузка поступающих на завод материалов в местах их складирования, подача сырья в бетоносмесительный цех, дозирование компонентов и приготовление бетонной смеси нужного состава, доставка бетонной смеси в формовочный цех, загрузка бетонной смеси в опалубку, уплотнение бетонной смеси, транспортирование опалубки, бетонной смеси и готовой продукции внутри завода и цехов.

Изготовление бетонных и железобетонных изделий на полигонах может осуществляться тремя основными методами: стендовым, поточно-агрегатным и конвейерным.

При стендовом методе все технологические операции по изготовлению бетонного или железобетонного изделия совершаются на стенде в стационарном режиме вплоть до приобретения им потребной прочности. Изготавливаемое изделие, при этом, все время остается на месте и никуда не перемещается, в то время как технологическое оборудование для выполнения отдельных операций перемещается от одной формы на стенде к другой.

Поточно-агрегатный метод производства предусматривает стационарное размещение машин и приспособлений для изготовления бетонных и железобетонных изделий на специализированных постах. На каждом из этих постов выполняется определенная технологическая операция, а формы (опа-

лубки) перемещают с помощью подъемно-транспортного оборудования от одного поста к другому в принятой последовательности с произвольным интервалом времени, зависящим от длительности операции на данном посту. После завершения формирования изделия перемещаются в пропарочные камеры, размещенные (в отличие от стандового метода) не на месте формирования изделия, а в других специально предусмотренных местах. После термообработки изделия транспортируются на склад готовой продукции. При поточно-агрегатном методе изготовления аэродромных и дорожных плит выполняются следующие технологические операции: опалубку и оснастку очищают от бетона, внутреннюю поверхность опалубки смазывают и устанавливают в ней арматуру с обеспечением потребного защитного слоя бетона. Далее опалубку устанавливают на виброплатформу, заполняют её бетонной смесью и подвергают виброуплотнению. После этого поверхность плиты отделяют и подают опалубку с плитой в камеру пропаривания, подвергая её термовлажностной обработке. Спустя определенное время опалубку с отвердевшей плитой извлекают из камеры и направляют к месту распалубки. После распалубки готовую плиту осматривают и направляют в ОТК для приемки. Если ОТК принимает плиту в качестве готовой к применению, то её отправляют на склад готовой продукции.

Применение поточно-агрегатного метода наиболее целесообразно на стационарных полигонах при заводах ЖБИ и ЦБЗ.

При конвейерном методе опалубка с изделиями перемещается от поста к посту по замкнутому кольцу на конвейере. На каждом посту производится определенная технологическая операция, включая пост тепловой обработки изделия. Процесс изготовления сборных бетонных и железобетонных изделий проходит следующие технологические этапы:

- установка бортовой опалубки;
- очистка и смазка поддона и бортовой опалубки;
- навивка проволоочной и установка стержневой арматуры;
- укладка и закрепление монтажной арматуры и закладных частей;
- укладка в формы-вагонетки бетонной смеси;
- уплотнение бетонной смеси;
- перемещение изделия в камеры пропаривания;
- термовлажностная обработка изделий в камерах пропаривания;
- извлечение форм-вагонеток из камеры пропаривания и распалубка изделий;
- предъявление изделий ОТК и после их приемки перемещение готовых принятых изделий на склад готовой продукции, а форм-вагонеток – на конвейер.

При изготовлении бетонных изделий исключается технологическая операция по заготовке и установке в формы арматуры.

После распалубки изделий производят очистку и смазку форм-вагонеток. Очищают от налипшего бетона поддон формы, торцевые и боковые борта опалубки, пластины, фиксирующие закладные детали, пазы, подь-



емные петли, упоры, на которые натягивается напрягаемая арматура. При распалубке форм запрещается использовать для их очистки молотки, кувалды, ломы. Их следует очищать механическими щетками и скребками. Смазку на внутренней поверхности форм (опалубки) наносят удочкой-распылителем равномерным слоем толщиной 1 мм.

В качестве смазки используют эмульсию ЭКС с Ph 8-10 в количестве 20 % и известковый раствор 1 г Са (ОН)<sub>2</sub>, растворенный в 1 л воды при  $t = 60^{\circ} \text{C} - 80 \%$ . Температура хранения готовой смазки при постоянном перемешивании – 55-60° С. Расход смазки – 0,25 л/м<sup>2</sup>.

Конвейерный метод применяется на крупных заводах ЖБИ, в частности, при производстве аэродромных и дорожных плит из предварительно напряженного железобетона. Разновидностью конвейерного производства является выпуск дорожных плит на прокатных станах. Силовой вибропрокатный стан с рабочим органом в виде вибрационных валков и междувалковых виброплит создает условия для всесторонней вибрации бетонной смеси с последующим нарастанием давления [9].

### **8.7. Технологические операции по изготовлению форм, заготовке арматуры, армированию, формованию и тепловой обработке изделий**

Опалубочные формы для изготовления бетонных и железобетонных изделий в большинстве случаев изготавливаются из деревоматериалов и металлов. Для получения высококачественных изделий формы должны изготавливаться не только с большой точностью прямолинейных размеров и радиусов криволинейных поверхностей, но также и потребными жесткостью, прочностью, легкостью сборки и разборки, очистки от цементобетона. Формы должны быть многооборотными, ремонтнопригодными, удобными и надежными в эксплуатации. Поверхности изделий, сформованных в этих формах, после их распалубки должны быть ровными, гладкими, не требующими дополнительной обработки. Наиболее широкое распространение получили металлические формы, благодаря их высокой оборачиваемости (до 800 раз). По конструкции формы могут быть разъемными и неразъемными. К разъемным относятся формы с открывающимися (съёмными) бортами, в которых поддон опалубки жестко с ними связан. В неразъемных формах, наоборот, поддон жестко связан с бортами. Для извлечения изделий из таких форм бортам придаются технологические уклоны, а внутренняя их поверхность покрывается смазкой.

Подготовка форм к загрузке цементобетонной смесью состоит в проверке их исправности, тщательной очистки всей внутренней поверхности и элементов конструкции от остатков цементобетона, цементного молока и грязи, старой смазки. После проведения всех этих операций производится смазка внутренней поверхности форм. Металлические поверхности смазываются составом, состоящем из смеси керосина (40 %) и солидола (60 %) или

эмульсией, составленной из отработанного масла, цемента и воды в весовом соотношении 1:1:0,3.

Очистку форм можно производить ручными или механическими щетками или скребками. Нельзя при этом производить удары по бортам и поддонам молотками, кувалдами, ломиками во избежание их деформирования и утраты ими первоначального качества.

Ответственным этапом в изготовлении железобетонных изделий является заготовка арматуры для них в виде отдельных стержней, пучков проволоки, сеток и каркасов и установка арматуры в формы, т. е. их армирование.

Армирование железобетонных изделий может быть ненапряженным (обычным) и предварительно напряженным. На построечных полигонах изделия в большинстве случаев армируют ненапряженной арматурой, а на заводах ЖБИ и крупных стационарных полигонах такие изделия, как плиты аэродромных покрытий, пролетные строения транспортных сооружений, балки и фермы покрытий, шпалы, столбы, мачты и др. армируют предварительно напряженной арматурой.

Технология заготовки арматуры состоит из следующих операций: очистка арматурных стержней от ржавчины, пыли, грязи; правка, резка, стыковка, гнутьё, сборка из стальных стержней сеток и каркасов; изготовление закладных деталей. Заготовку арматуры производят в арматурных цехах заводов ЖБИ или арматурных узлах полигонов, состоящих из склада арматуры и арматурной мастерской, расположенной в крытом помещении. Все операции по заготовке арматуры выполняются механизированным способом, а также на автоматических линиях.

При изготовлении арматурных сеток и каркасов, а также стыковке арматурных стержней широко используется электросварка, производящаяся различными способами: контактно-стыковым, точечным, электродуговым. Для сварки арматуры плоских сеток используют одно- и многоэлектродные машины, а для точечной сварки объемных элементов и каркасов применяют подвесные сварочные клещи. Арматурные стержни диаметром 16-32 мм свариваются контактно-дуговой автоматической электросваркой. Для автоматической сварки под слоем флюса стержней с плоскими элементами сортового проката используются сварочные автоматы.

Арматура в предварительно напряженных конструкциях состоит из арматурных прядей, пучков, стержней, устройств для её закрепления при натяжении и приспособлений для фиксации в проектном положении отдельных стержней пучков и прядей проволоки из высокопрочной стали.

Усилие от предварительно напряженной арматуры передается бетону изделия следующими способами: сцеплением проволочной арматуры диаметра 2,5-3 мм с бетоном, а также арматуры большего диаметра свивкой проволоки в пряди или же благодаря вмятинам на поверхности проволоки; сцеплением арматуры с бетоном анкерными устройствами; передачей усилий натяжения на бетон через анкеры на концах арматурного элемента без учета сцепления арматуры и бетона. Натяжение арматуры может осуществляться механическим, электромеханическим, а также химическим способом. Для

натяжения используют домкраты, натяжные машины и машины для электро-механического натяжения арматуры.

В результате предварительного натяжения арматуры получают железобетонные изделия с повышенной трещиностойкостью и меньшей массой по сравнению с изделиями, армированными ненапрягаемой арматурой.

Важным условием получения железобетонных изделий высокого качества является правильная (в соответствии с проектными требованиями) установка в форму заранее изготовленной арматуры и её надежное в ней закрепление с целью обеспечения требуемой толщины защитного слоя бетона. С этой целью используют бетонные призмочки (сухари), привязываемые к арматуре, располагаемой у стенок и днища формы.

Формование бетонных и железобетонных изделий осуществляется в результате заполнения подготовленной для этого формой (предварительно очищенной и смазанной) бетонной смесью и её уплотнения. Для подачи бетонной смеси в форму на построечных полигонах используют передвижные бункеры и бадьи, а затем распределяют её внутри формы вручную. На заводах ЖБИ бетонную смесь укладывают в формы бетоноукладочными машинами, к которым её подают пневмотранспортом (по трубам), вибропитателями или по вибрлоткам.

Уплотнение бетонной смеси в формах осуществляют различными способами: вибрированием, виброштампованием, центрифугированием, вибропрокатом. Наиболее эффективным и распространенным способом при полигонном изготовлении бетонных и железобетонных изделий является вибрирование с помощью поверхностных и глубинных вибраторов. Для уплотнения цементобетонной смеси при изготовлении малоразмерных изделий до 1000 кг используют вибростолы или виброплощадки.

Виброштампование применяют на заводах ЖБИ. Оно сочетает вибрацию бетонной смеси со штамповкой изделий.

Уплотнение бетонной смеси центрифугированием применяют на заводах ЖБИ при изготовлении цементобетонных и железобетонных труб на специальном оборудовании в разъемных или неразъемных формах. Благодаря центробежной силе, создаваемой в результате быстрого вращения металлических форм происходит эффективное уплотнение бетонной смеси.

Элементы водоотводных систем аэродромов – бетонные и железобетонные трубы, секции смотровых колодцев цилиндрической формы изготавливают в виброформах, состоящих из наружной разъемной опалубки и внутреннего полого сердечника с вибратором.

Вибропрокат применяется на крупных высокомеханизированных заводах ЖБИ. Он используется для уплотнения бетонной смеси вибрированием в сочетании с давлением, осуществляемым вибровалками. Методом вибропроката освоено изготовление железобетонных шестигранных дорожных плит. Плиты изготавливают из жестких бетонных смесей, уплотняемых на прокатном стане. В сочетании с мягким режимом тепловлажностной обработки при температуре 50-60° С в течение 5 ч и суточной выдержки в камере дозрева-

ния достигаются высокие физико-механические свойства бетона и долговечность изделий [9].

Для ускорения твердения бетонной смеси и превращения её в бетон требуемой прочности отформованные бетонные и железобетонные изделия подвергают тепловой обработке.

На построечных полигонах в теплое время года изделия твердеют в естественных условиях. Их размещают на площадке с ровным твердым покрытием и в течение определенного времени, зависящего от температуры наружного воздуха систематически увлажняют. Когда изделия наберут требуемую прочность их перемещают на склад готовой продукции. При низкой температуре наружного воздуха и плохих погодных условиях отформованные на полигоне стендовым методом изделия подвергают пропариванию под размещаемым над ними колпаком. Для ускорения твердения бетонной смеси, находящейся в формах, применяют и другие методы тепловой обработки, например, пропаривание в автоклаве, электропрогрев инфракрасными лучами и др. Одним из путей повышения эффективности тепловой обработки является введение в бетон химических добавок-ускорителей твердения и поверхностно-активных веществ, позволяющих без перерасхода цемента сократить время тепловой обработки цементобетонных изделий.

Наиболее часто применяют тепловую обработку изделий пропариванием насыщенным паром при температуре от 70 до 100° С и давлении до 0,07 МПа в условиях 90-98 % относительной влажности воздуха. Пропаривание осуществляют в пропарочных камерах, устраиваемых из бетона или железобетона на открытых площадках полигонов или в закрытых помещениях заводов ЖБИ.

Пропаривание осуществляют в три этапа. На первом этапе производится выдерживание изделий с постепенным подъемом температуры пара (в течение 2-4 ч) до установленного максимума. На втором этапе производится пропаривание изделий при установленной максимальной температуре в изотермическом режиме на протяжении 6-8 ч. На третьем этапе происходит выдерживание изделий с постепенным снижением температуры пара, которое занимает обычно от 3 до 10 ч.

Для ускорения термовлажностной обработки бетонных изделий по сравнению с обычным пропариванием применяют автоклавную обработку изделий в специальных котлах-автоклавах. Бетонные изделия помещают внутрь автоклава, подвергают воздействию пара с температурой 130-170° С и давлением 0,8-1,2 МПа. Как и в предыдущем способе процесс пропаривания в автоклаве проходит в три этапа: выдерживание с постепенным подъемом температуры пара и давления до максимума; собственно пропаривание при максимальной температуре и давлении; постепенное понижение температуры и давления. Продолжительность первого этапа занимает до 2 ч, второго – до 6 ч, а третьего – 4-6 ч.

На заводах ЖБИ и стационарных полигонах термовлажностная обработка изделий ведется в автоматическом режиме, что дает экономию тепло-

вой энергии, снижает трудоемкость работ, улучшает условия труда и существенно влияет на повышение качества продукции.

При электропрогреве цементобетонных изделий сквозь уложенную в форму цементобетонную смесь пропускают переменный ток низкого напряжения (35-60 в). Ток подают на металлические стержневые или пластинчатые электроды, закладываемые внутрь изделия или укладываемые на его поверхность. Электроды не должны касаться арматуры изделия. Подъем температуры цементобетонной смеси в изделии производится со скоростью 5-8° С в 1 ч до температуры 70° С.

Инфракрасный прогрев бетонных и железобетонных изделий происходит в результате излучения тепловой энергии с поверхности тел, нагретых от 300 до 2000° С. Чтобы предотвратить высыхание бетона в период твердения, изделия покрывают полимерной пленкой. Продолжительность такого способа прогрева и ускорения твердения бетонной смеси в 1,5-2 раза ниже, чем при тепловлажностной обработке. Инфракрасный прогрев в отличие от электропрогрева может быть использован для тепловой обработки железобетонных изделий с высоким процентом армирования.

Распалубку бетонных и железобетонных изделий производят сразу же по завершении их тепловой обработки. После осмотра изделий их отправляют на склад готовой продукции. Все погрузочно-разгрузочные операции и транспортирование изделий на склад производятся с помощью различного типа кранов и самоходных транспортных средств.

### **8.8. Контроль качества бетонных и железобетонных изделий**

В процессе контроля качества бетонных и железобетонных изделий, изготовленных на полигонах и заводах ЖБИ, производится их наружный осмотр, проверка размеров, плоскостности, прямолинейности, правильности расположения арматуры и закладных частей, толщины защитного слоя, прочности бетона.

Для наружного осмотра отбирают готовые изделия в количестве 3-5 % от каждой партии, но не менее трех изделий каждой марки и контролируют наличие на них раковин, каверн, открытых наружных макропор, местных наплывов и вмятин, сколов граней и ребер, трещин, щебенистых мест, обнаженной арматуры, деформированных закладных частей, неизвлеченных из отверстий пробок и др. дефектов. На лицевых, не подвергающихся отделке поверхности изделий, не должно быть раковин и воздушных пор диаметром не более 6 мм и глубиной более 3 мм, глубины околос более 5 мм, а на нелицевых поверхностях – более 8 мм. Длина околос не должна превышать 50 мм на 1 м длины ребра. Для измерения размеров обнаруженных дефектов используют металлические линейки или специальные калибры.

Ширину трещин измеряют специальным трещиномером, при помощи микроскопа с измерительной шкалой или измерительной лупой.

Изделия с обнаруженными трещинами шириной более 0,2 мм, обнаженной арматурой считаются непригодными к использованию.

Расположение арматуры, её количество и их соответствие проектным требованиям контролируется ОТК и оформляется актом на скрытые работы. Расположение арматуры и толщина защитного слоя бетона в готовых изделиях проверяются экспрессными неразрушающими методами с использованием различной аппаратуры, например, рентгеновской, магнитной. Для определения физико-механических свойств бетона широкое распространение получил импульсный метод. Этим методом сначала определяют скорость прохождения ультразвука через бетон, а затем его прочность.

Метод ядерных излучений используют для определения плотности бетона, наличие в нем трещин, раковин. Контроль свойств бетона осуществляется по поглощению в нем ядерного излучения. С помощью тарировочных таблиц можно установить зависимость между показаниями счетчика изотопов и толщиной исследуемого материала или изделия, его плотность.

Для контроля качества продукции полигонов и заводов ЖБИ используют специализированные передвижные лаборатории НИИ, учебных заведений, ведомств и других организаций или предприятий. Такие лаборатории оснащаются различными измерительными средствами такими, например, как: гаммаплотномер, ультразвуковой дефектоскоп и бетоноскоп, нейтронный влагомер, светолучевой осциллограф с виброкомплексом, измеритель защитного слоя и натяжения арматуры, а также другой новейшей аппаратурой. По результатам исследований специалисты лаборатории могут дать обоснованное заключение по прочности, плотности, влажности, наличию и положению закладных частей, наличию и диаметру арматуры, её положению в конструкции, расположению трещин, пустот и других дефектов.

При невозможности использования неразрушающих методов контроля качества готовых изделий толщину защитного слоя бетона определяют путем вырубки в изделии контрольных выемок шириной 15-20 мм и определяют отклонения от проектной толщины защитного слоя бетона, которые не должны превышать 3 мм.

Размеры готовых изделий проверяют металлическими измерительными инструментами (линейками, рулетками, складными метрами) с ценой деления 1 мм. Изделия длиной до 6 м не должны иметь отклонений: по длине  $\pm 6$  мм, по ширине  $\pm 5$  мм, по толщине  $\pm 4$  мм, отклонение от равенства длин диагоналей – 10 мм.

Неплоскостность изделия (величина наибольшего отклонения одного из углов его от плоскости, проходящей через три других угла) на должна превышать при площади изделия (например, сборной аэродромной плиты), до  $20 \text{ м}^2$  – 5 мм, более  $20 \text{ м}^2$  – 10 мм.

Отклонение от прямолинейности изделия (отклонение от прямолинейного профиля поверхности и боковых граней) в любом сечении на длине 2 м – не более 3 мм, на всей длине изделия – 5 мм.

Отклонение от перпендикулярности граней на участке длиной 400 мм – не более 2 мм, на участке длиной 1000 мм – не более 2,5 мм.

Прочность бетона изделия зависит от активности цемента, водоцементного отношения и степени уплотнения бетонной смеси при заполнении

ею формы. Она проверяется путем испытания на сжатие и растяжение при изгибе контрольных образцов в виде кубиков и балочек. Для определения прочности бетона готовых изделий применяют и неразрушающие методы с помощью эталонного молотка, прибора-пистолета, механизированного или ручного штампа, акустической или радиометрической аппаратуры в соответствии с ГОСТ 18105.

Оценку трещиностойкости изделий (плит аэродромных покрытий типа ПАГ) производят по схеме А ГОСТ 25912.0-91. Если в изделиях, в которых при эксплуатации не допускается появление трещин, образуются трещины при нагрузке менее контрольной, то вся партия бракуется и приемке не подлежит.

Изделия, в которых в период эксплуатации допускается появление трещин подлежат приемке и признаются годными, если при контрольной нагрузке ширина раскрытия трещин не превысила контрольную величину не более чем на 50 %.

## **8.9. Охрана труда и техника безопасности на заводах и полигонах ЖБИ**

При создании и последующей эксплуатации заводов и полигонов ЖБИ необходимо соблюдать действующие нормативные документы по охране труда, технике безопасности и производственной санитарии.

Рабочие места должны быть хорошо оснащены как естественным, так и искусственным светом. Они должны быть обеспечены надежной вентиляцией и аспирацией, защищены от воздействия шума, лучей электросварки, пара, сырости и др. вредных воздействий. Производственные, бытовые и административные помещения должны иметь отопление в холодное время года.

С учетом производственных процессов, связанных с технологией производства бетонных и железобетонных изделий на заводах и полигонах ЖБИ, необходимо соблюдать ряд важных требований, диктуемых их особенностями.

Для безопасности производства работ по заготовке арматуры для изготовления железобетонных изделий основные операции в арматурной мастерской отделяют от подсобных, а также размещают в ней станки так, чтобы исключить пересечение потоков арматуры и разворачивания стержней для обработки другого конца.

Металлическую пыль и окалину, образующихся при резке, правке и очистки стали, необходимо удалять путем отсоса, используя присоединение раструба кожуха правильного барабана к системе вытяжной вентиляции.

Вытягивание и выпрямление арматурной стали следует производить на огражденной площадке, расположенной на расстоянии не менее 3 м от проходов и рабочих мест. Станки для холодного волочения и плющения арматурной стали должны быть установлены на расстоянии не менее 5 м от проходов и рабочих мест.

При заготовке арматуры нельзя производить резку стержней на отрезки длиной менее 80 см на приводных станках без защитных приспособлений.

Перед началом натяжения арматурных стержней или пучков проволоки для напряженно-армированных конструкций следует тщательно проверить исправность гидравлических или механических домкратов, устройств, регистрирующих натяжение, и другого оборудования, а также правильность их транспортирования. Кроме того необходимо проверить в подлежащей натяжению арматуре наличие дефектов (надрезов, надломов, загибов), которые могут стать причиной несчастных случаев. В торцах стендов, а также между устройствами и стендами следует устраивать защитные ограждения (металлические сетки) высотой не менее 1,8 м.

В местах натяжения арматуры должен быть установлен световой сигнал, который во время работы установки должен включаться, предупреждая о запрещении доступа к ней посторонних лиц.

При применении способа электротермического натяжения арматурных стержней необходимо соблюдать меры предосторожности против поражения людей электрическим током, разрыва стержней и разрушения их анкеров. На торцы стержней с анкерными упорами следует надевать предохранительные кожухи, снимаемые при подаче изделий в пропарочные камеры. При нагревании стержней все формы установки для нагрева стержней и токоведущие устройства должны быть ограждены. При электротермическом натяжении арматуры напряжение в нагреваемых стержнях не должно превышать 36 в.

При подготовке форм к их заполнению бетонной смесью и установке в них арматуры необходимо проверить исправность замков форм, надежность подъемных петель, правильность их установки и закрепления к арматуре.

Смазку форм следует производить в специально отведенных местах или на стенде с соблюдением пожарных требований, не допуская разбрызгивания смазочных материалов. Рабочие должны быть обеспечены защитной одеждой, рукавицами, защитными очками.

При уплотнении бетонной смеси вибраторами необходимо перед началом работ проверить их исправность и принять меры от поражения электрическим током.

Чтобы свести к минимуму вредные воздействия вибрации при уплотнении бетонной смеси, особое внимание должно быть обращено на то, чтобы величина вибрации не превышала установленных норм. Не допускается прижимать руками поверхностные вибраторы, перемещение вибраторов вручную во время виброуплотнения разрешается только при помощи гибких тяг. При перерывах в работе или переходах на новое место электровибраторы следует выключать.

При уплотнении бетонной смеси электровибраторами с гибким валом необходимо обеспечить прямое или с небольшими плавными изгибами направление вала, а при применении виброплощадки не допускается во время работы становиться на площадку, подтягивать гайки, проверять исправность вибратора и поливать бетонную смесь водой. Во время работы необходимо следить за прочным креплением вибратора к площадке.

Непосредственно на вибрирующих поверхностях людям находиться нельзя. Для определения параметров вибрации используют виброметры.



При частоте колебаний 25 Гц в 1 с вибрация оказывает неблагоприятное действие на нервную систему человека, что может привести к развитию тяжелого заболевания – вибрационной болезни.

Пропаривание изделий должно производиться в условиях невозможности ожога рабочих паром или паропроводными устройствами. Все паропроводы, вентили и краны должны быть надежно изолированы. Парораспределительные устройства следует располагать в легкодоступных местах для быстрого отключения пара.

Паропропарочные камеры и колпаки должны быть надежно герметизированы. Работы людей в камерах, где ведется тепловлажностная обработка изделий, разрешается только после остывания камер.

Электропрогрев бетонной смеси, уложенной в формы, должен производиться на специально оборудованных площадках при постоянном контроле квалифицированных электромонтеров. Пребывание людей на этих площадках не допускается. Электропрогрев изделий осуществляется при напряжении не выше 380 в. Использование напряжения 220 в допускается для прогрева неармированного бетона, а также отдельно расположенных железобетонных изделий, не связанных общим армированием с соседними участками.

В цехах и помещениях заводов и полигонов ЖБИ необходимо принимать меры по предотвращению вредного действия шума на рабочих и служащих. Допустимые (предельные) уровни шума на производстве распределяются на три класса: первый – низкочастотные (шумы, проникающие сквозь звукоизолирующие преграды, перекрытия, кожухи) с уровнем громкости 90-100 дБ; второй – среднечастотные (шумы большинства машин неударного действия) с уровнем громкости 85-90 дБ; третий – высокочастотные (шумы от действия ударных машин и агрегатов, потоков воздуха и газов) с уровнем громкости 75-85 дБ. Безвредный уровень наибольшей громкости шума для человека составляет 70 дБ (при частоте колебаний 1000 Гц). Уровень шума измеряют шумомерами. Во всех случаях, когда уровни шума на рабочих местах превышают установленные нормы, принимают меры к ослаблению шума до допустимых уровней. Для этого: изолируют шумные машины в отдельных отсеках и кожухах, применяют эффективные звукоизолирующие материалы для изоляции кабин для рабочих, а при высокочастотных шумах – щитов-экранов; вибрирующие машины и агрегаты устанавливают на упругие амортизаторы.

Если техническими мерами нельзя снизить вибрацию и шум на рабочих местах до допустимых пределов, то используют средства индивидуальной защиты: виброизолирующие рукавицы и обувь, противошумные наушники, ушные тампоны.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Белов Н. И. Информация специалистам. Aero Business №1, 2001, – 16-35 с.
2. Блохин В. И., Белинский И. А., Циприанович И. В., Билеуш А. И. Аэродромы гражданской авиации (вертикальная планировка, водоотвод и дренаж, аэродромные покрытия). – М.: Воздушный транспорт, 1996. – 400 с.
3. Глушков Г. И., Бабков В. Ф., Горецкий Л. И., Смирнов А. С. Изыскания и проектирование аэродромов: Учебник для вузов / под ред. Г. И. Глушкова. – М.: Транспорт, 1981. – 616 с.
4. Горецкий Л. И., Полосин-Никитин С. М., Бардзо В. И. Строительство аэродромов: Учебник для вузов / под ред. Г. И. Глушкова. – М.: Транспорт, 1980. – 453 с.
5. ГОСТ 26633-91. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 24 с.
6. ГОСТ 8736-93. Песок для строительных работ. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 6 с.
7. ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 8 с.
8. Дашевский Э. М., Демин Б. И. Строительство аэродромов. – М.: "Транспорт", 1972. – 384 с.
9. Дубровин Е. Н., Старостин Ю. В. Жесткие покрытия городских улиц: Учебник для вузов. – 2-е издание, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1979. – 471 с.
10. Иванов В. Н. Высокоэффективная теплоизоляция в основаниях и дорог. – М.: Транспорт, 1958. – 134 с.
11. Изыскания и проектирование аэродромов. Справочник. Под ред. Г. И. Глушкова, Д. А. Могилевского. – М.: "Транспорт", 1979. – 327 с.
12. Инструкция по строительству цементобетонных покрытий автомобильных дорог. ВСН 139-80. – М.: Минтранс, 1980. – 52 с.
13. Канунников О. В. Опыт строительства монолитных цементобетонных покрытий малыми бетоноукладочными комплектами. – М.: "Аэропорты. Прогрессивные технологии", № 2, 2003. – 3 с.
14. Каратеев С. Н. Увеличение срока службы аэродромных покрытий в результате улучшения условий работы искусственных оснований. Дисс. канд. техн. наук. – Киев: НАУ, 2005. – 122 с.
15. Костенюк И. А., Добарский Л. А. Где российские автомобильные дороги с цементобетонными покрытиями? Gomaco – статьи в прессе. [http // www.gomaco.ru /press/mws](http://www.gomaco.ru/press/mws)
16. Кульчицкий В. А., Макогонов К. А., Васильев Н. Б., Чеков А. Н., Романов Н. И. Аэродромные покрытия. Современный взгляд. – М.: Физико-математическая литература, 2002. – 528 с.

17. Международная организация гражданской авиации. Приложение 14 к Конвенции о международной гражданской авиации. Аэродромы, Поправка 30, 1970. – 198 с.
18. Младова М. В. Мобильные бетонные заводы. Проблема выбора. – М.: "Аэропорты. Прогрессивные технологии", №3, 2003. – 4 с.
19. Методические рекомендации по применению литых бетонных смесей для устройства цементобетонных покрытий и оснований. – М.: Союздорнии, 1987. – 4 с.
20. Седергрэн Г. Р. Дренаж дорожных одежд и аэродромных покрытий. Пер. с англ. – М.: "Транспорт", 1981. – 280 с.
21. Строительство автомобильных дорог. Справочник инженера-дорожника. Издание третье, переработанное и дополненное. Под ред. В. А. Бочина. – М.: "Транспорт", 1980. – 512 с.
22. Строительные нормы и правила РФ. Аэродромы СНиП 32-03-96, - М.: Министерство строительства РФ (Минстрой России), 1996. – 23 с.
23. Тулаев А. Я., Авсеенко А.А., Малицкий Л. С. Строительство улиц и городских дорог. Учебник для вузов. В 2 ч. Ч.1. Сооружение земляного полотна. – М.: Стройиздат, 1987. – 480 с.
24. Циприанович И. В. Методы повышения эффективности функционирования аэродромных сооружений. – Тюмень: Издательство "Вектор Бук", 2005. – 344 с.
25. Шкуренко А. Т. Основы строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог. – М.: "Транспорт", 1987. – 320с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Введение</i> . . . . .	3
<b>Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЯХ</b> . . . . .	5
<b>1.1.</b> Назначение аэродромных покрытий, требования к их устройству . . . . .	5
<b>1.2.</b> Физико-механические основы работы аэродромных покрытий . . . . .	7
<b>1.3.</b> Классификация аэродромных покрытий . . . . .	15
<b>1.4.</b> Краткие сведения о развитии жестких аэродромных покрытий и методах их строительства . . . . .	16
<b>1.5.</b> Общая характеристика и основные принципы конструирования жестких аэродромных покрытий . . . . .	22
.	.
<b>Глава 2. СТРОИТЕЛЬСТВО ВОДООТВОДНЫХ И ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ ЖЕСТКИХ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ</b> . . . . .	30
<b>2.1.</b> Назначение водоотводных и дренажных систем аэродромных покрытий . . . . .	30
<b>2.2.</b> Принципиальные схемы водоотводных и дренажных систем аэродромов . . . . .	32
<b>2.3.</b> Подготовительные работы . . . . .	34
<b>2.4.</b> Устройство коллекторов . . . . .	37
<b>2.5.</b> Устройство трубопроводов из пластмассовых труб . . . . .	56
<b>2.6.</b> Устройство смотровых, дождеприемных, тальвежных колодцев и устьевых сооружений . . . . .	60
<b>2.7.</b> Устройство закрываемых, экранирующих и глубинных дрен . . . . .	66
<b>2.8.</b> Технология устройства дренажных систем аэродромов . . . . .	71
<b>2.9.</b> Организация работ по устройству водоотводных и дренажных систем жестких аэродромных покрытий . . . . .	72
<b>2.10.</b> Контроль качества и приемка строительных работ . . . . .	74
<b>2.11.</b> Техника безопасности при устройстве водоотводных и дренажных систем аэродромов . . . . .	76
.	.
<b>Глава 3. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ</b> . . . . .	79
<b>3.1.</b> Требования к цементобетону и материалам для его приготовления . . . . .	79
.	95
<b>3.2.</b> Арматура для железобетонных аэродромных покрытий . . . . .	97
.	.
<b>3.3.</b> Герметики, пленкообразующие и пропиточные материалы . . . . .	106
.	.
<b>3.4.</b> Материалы для искусственных оснований жестких аэродромных покрытий . . . . .	.
<b>Глава 4. ВЕДУЩИЕ МАШИНЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ</b> . . . . .	127

4.1.	Высокопроизводительная бетоноукладочная машина "Автогрейд" для строительства автодорожных и аэродромных цементобетонных покрытий . . . . .	128
4.2.	Общие сведения об устройстве искусственных оснований жестких аэродромных покрытий с использованием машинных технологий . . . . .	131
4.3.	Комплект высокопроизводительных машин со скользящими формами ДС-100 (ДС-110) типа "Автогрейд". . . . .	135 141
4.4.	Комплект машин со скользящими формами Gomaco . . . . .	151
4.5.	Комплект машин со скользящими формами Wirtgen . . . . .	
<b>Глава 5. УСТРОЙСТВО ИСКУССТВЕННЫХ ОСНОВАНИЙ АЭРОДРОМНЫХ МОНОЛИТНЫХ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ . . . . .</b>		<b>158</b>
5.1.	Общие положения . . . . .	158
5.2.	Устройство оснований из песчано-гравийных (щебеночных) смесей, гравийных, щебеночных и шлаковых материалов . . . . .	159
5.3.	Устройство оснований из щебеночных, гравийных (каменных материалов) и песчаных материалов, обработанных неорганическими вяжущими . . . . .	163
5.4.	Устройство оснований из щебня, укрепленного органическими вяжущими . . . . .	166
5.5.	Устройство оснований из грунтов, укрепленных неорганическими вяжущими . . . . .	169
5.6.	Устройство оснований из грунтов, укрепленных органическими вяжущими . . . . .	175
5.7.	Технология и организация работ по устройству искусственного основания аэродромного покрытия из грунта, укрепленного цементом . . . . .	179
<b>Глава 6. УСТРОЙСТВО МОНОЛИТНЫХ БЕТОННЫХ, АРМОБЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ И МОНОЛИТНЫХ БЕТОННЫХ ОСНОВАНИЙ . . . . .</b>		<b>183</b>
6.1.	Общие сведения о конструкциях монолитных цементобетонных аэродромных покрытий . . . . .	183 190
6.2.	Установка копирных струн, рельс-форм и инвентарной опалубки . . . . .	193
6.3.	Арматурные работы при строительстве армированных цементобетонных покрытий . . . . .	196 210
6.4.	Транспортирование, укладка и уплотнение бетонной смеси . . . . .	213
6.5.	Уход за свежееуложенной бетонной смесью . . . . .	236 240
6.6.	Устройство деформационных швов в аэродромных цементобетонных покрытиях . . . . .	250
6.7.	Методы строительства монолитных цементобетонных покрытий в условиях отрицательных температур . . . . .	258
6.8.	Организация строительства монолитных цементобетонных покрытий . . . . .	
6.9.	Контроль качества строительных материалов, работ и конеч-	

ной строительной продукции . . . . .	
6.10. Техника безопасности и охрана труда при строительстве цементобетонных аэродромных покрытий и оснований . . . . .	
<b>Глава 7. СТРОИТЕЛЬСТВО АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ . . . . .</b>	<b>263</b>
7.1. Конструкции сборных железобетонных аэродромных покрытий и плит . . . . .	263
7.2. Транспортировка, разгрузка, складирование, хранение и сортировка сборных железобетонных плит . . . . .	270
7.3. Устройство искусственных оснований под аэродромные покрытия из сборных плит . . . . .	272
7.4. Монтаж сборных предварительно напряженных плит . . . . .	275
7.5. Контроль качества строительных работ при устройстве сборных аэродромных покрытий . . . . .	286
7.6. Техника безопасности при строительстве сборных аэродромных покрытий . . . . .	288
<b>Глава 8. ЦЕМЕНТОБЕТОННЫЕ ЗАВОДЫ. ЗАВОДЫ И ПОЛИГОНЫ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ . . . . .</b>	<b>291</b>
8.1. Общие сведения о цементобетонных заводах . . . . .	291
8.2. Устройство и функционирование ЦБЗ . . . . .	293
8.3. Современные стационарные, транспортабельные бетонные заводы и приобъектные бетоносмесительные установки . . . . .	300
8.4. Контроль качества приготовляемой цементобетонной смеси . . . . .	312
8.5. Техника безопасности на ЦБЗ . . . . .	314
8.6. Полигоны и заводы сборных бетонных и железобетонных изделий (ЖБИ) . . . . .	316
8.7. Технологические операции по изготовлению форм, заготовке арматуры, армированию, формованию и тепловой обработке изделий . . . . .	319
8.8. Контроль качества бетонных и железобетонных изделий . . . . .	323
8.9. Охрана труда и техника безопасности на заводах и полигонах ЖБИ . . . . .	325
<i>Список использованной литературы . . . . .</i>	<i>328</i>

*Монография*

**Циприанович Игорь Владимирович,  
Каратеев Сергей Николаевич**

# **СТРОИТЕЛЬСТВО ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ**