

Лекция 13 Покрyтия ВПП, их типы и основные требования к ним

Вопрос 1 Покрyтия ВПП: виды покpутий, классификация, требования к ним

Поверхность аэродрома воспринимает **статические и динамические нагрузки** во время стоянки и движения ВС, вибрационное воздействие и воздействие струй воздуха и газов от двигателей во время их опробования. На поверхность аэродрома также оказывают воздействие атмосферные осадки и температура окружающего воздуха.

Искусственное покрытие представляет собой сложное инженерное сооружение.

Аэродромная одежда – многослойная конструкция, устраиваемая, как правило, на грунте и воспринимающая нагрузки и воздействия от самолётов, эксплуатационных и природных факторов, включающая покрытие и искусственное основание.

Аэродромное покрытие – верхний слой аэродромной одежды, непосредственно воспринимающий нагрузки.

Основные требования, предъявляемым к искусственным покрытиям:

- 1) прочность, надежность и долговечность;**
- 2) беспыльность поверхности;**
- 3) ровность и достаточная шероховатость, создающая сцепление колес самолета с покрытием;**
- 4) сопротивляемость климатическим и гидрологическим факторам;**
- 5) водонепроницаемость;**
- 6) сопротивляемость воздействию струй выхлопных газов реактивных двигателей; стойкость против действия топлива и смазочных материалов;**
- 7) экономичность – простота строительства при максимальном использовании средств механизации;**
- 8) простота ухода за покрытием при ремонте и содержании;**
- 9) возможность реконструкции покрытий при появлении новых типов самолетов с большими скоростями движения и нагрузкам на опору.**

По характеру работы под нагрузкой покрытия подразделяют на две группы:

1). жесткие покрытия; 2). нежесткие покрытия.

Жесткие покрытия обладают способностью воспринимать растягивающие напряжения, вызываемые действием нагрузки от ВС и температурно-усадочными факторами. Покрытие под нагрузкой работает как плита на упругом основании. Деформации покрытия, как правило, упругие, а давление плиты на грунт относительно мало.

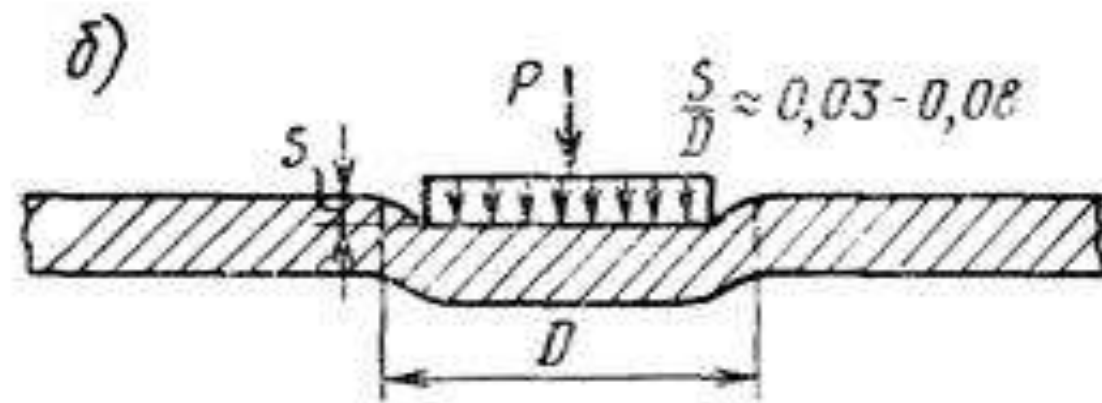
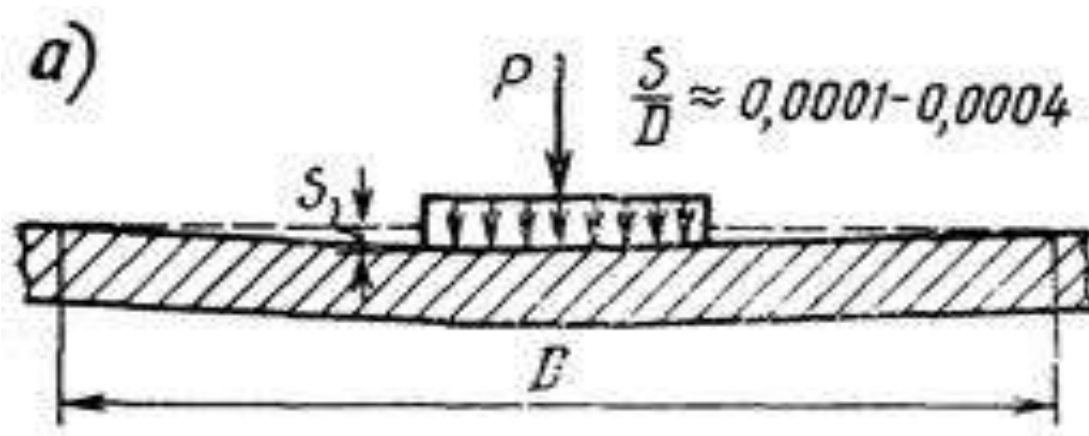


Схема работы покрытий под нагрузкой: а – жесткое покрытие; б – нежесткое покрытие; S – прогиб; D – диаметр чаши прогиба

Нежесткие покрытия не воспринимают растягивающих напряжений. Их сопротивление самолетным нагрузкам обусловливается сопротивлением подстилающего грунта сжатию и боковому выжиманию. В периоды весенней и осенней распутиц давление на грунт достигает значительной величины, а деформации покрытий носят пластический характер

В зависимости от срока службы и конструктивных особенностей искусственные покрытия разделяются на капитальные, усовершенствованные, упрощенные и временные.

Капитальные типы покрытия применяются на аэродромах, предназначенных для эксплуатации тяжелых реактивных и турбореактивных самолетов. Они допускают большое количество ВПО и имеют большой срок службы.

Усовершенствованные покрытия применяются на аэродромах, предназначенных для эксплуатации средних самолетов. К усовершенствованным покрытиям относятся **щебеночные и гравийные покрытия, обработанные органическими вяжущими материалами.**

Упрощенные покрытия применяются при эксплуатации аэродрома легкими самолетами. Покрытия устраивают из грунтов, укрепленных вяжущими материалами. **Временные покрытия** после использования допускают разборку, перевозку и укладку на другом аэродроме.

Вопрос 2 Грунтовые взлетно-посадочные полосы аэродромов

Грунтовые взлетно-посадочные полосы (ГВПП) представляют собой специально подготовленную из местного грунта площадь, предназначенную для совершения безопасных ВПО. ГВПП устраивают на аэропортах всех видов:

а) **на аэродромах классов А, Б и В** ГВПП устраивают обычно вдоль основных ИВПП и используют **как запасные.**

б) на аэродромах местных воздушных линий классов Г, Д и Е ГВПП является единственным элементом летного поля, обеспечивающим ВПО.

в) на запасных аэродромах всех видов воздушных трасс, предназначенных для непредвиденных посадок и последующих взлетов самолетов;

г) на аэродромах специального применения авиации (сельскохозяйственной, обслуживающей лесное хозяйство, аэрофотосъемочной и т. п.).

В связи с малой прочностью и износостойкостью грунта необходим систематический ремонт ГВПП. При интенсивной работе самолетов нужен систематический ремонт поверхности в перерывах между полетами после 100, а иногда и 20 взлетов и посадок самолетов (в зависимости от типа самолетов и состояния грунтов). При эпизодических (одиночных) взлетах и посадках самолетов на запасных ГВПП ремонт проводится не реже 2 раз в год – весной и осенью.

С целью уменьшения накопления деформаций грунта – колеи от колес самолета и выдувания потоками воздуха двигателей – при систематических полетах рекомендуется менять место старта по ширине летной полосы. Поэтому ГВПП устраивают, как правило, шире ИВПП.

Вопрос 3 Искусственные покрытия аэродромов

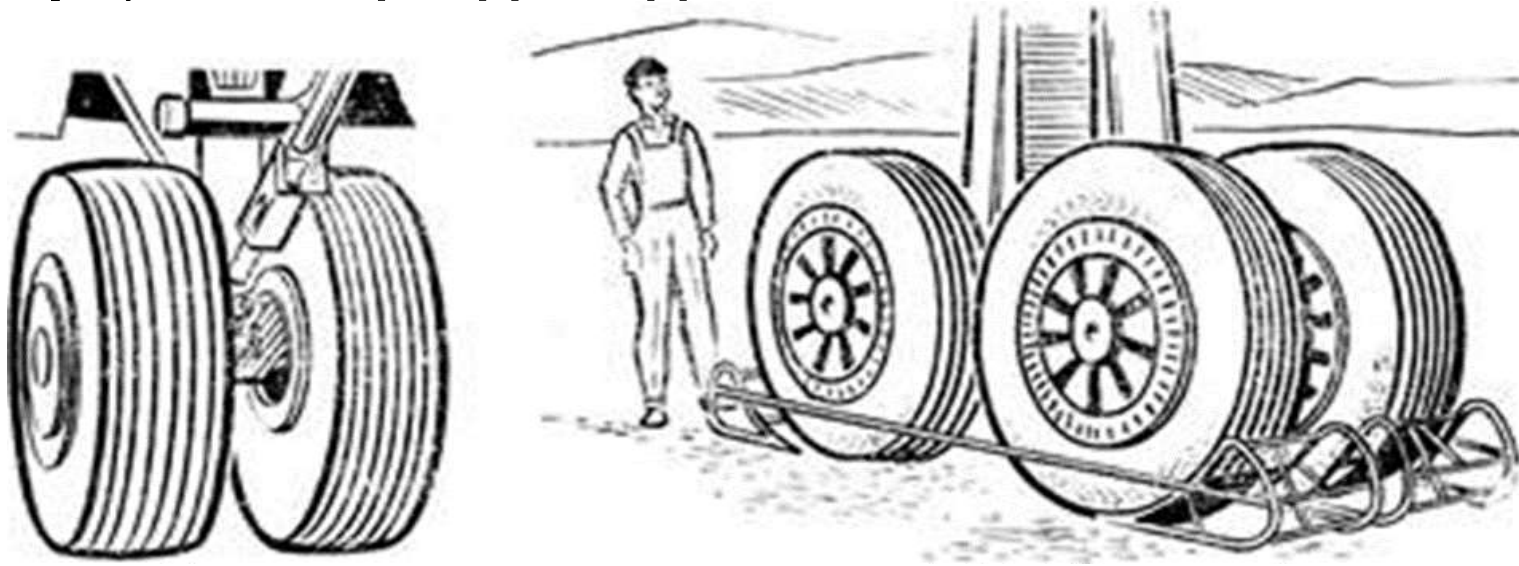
В аэропортах высших классов общая площадь покрытий составляет от 2 до 15% общей площади аэропорта, а стоимость покрытий достигает 20-25% стоимости аэропорта.

Искусственные покрытия аэродромов подвержены воздействию эксплуатационных факторов, связанных с базированием самолетов, климатических и гидрогеологических факторов.

1. Статические расчетные нагрузки соответствуют полному взлетному весу ВС расчетного типа. Для большинства современных ВС расчетная нагрузка на покрытие передается при помощи трехточечного шасси, состоящего из двух главных и одной носовой опор.

Основная часть нагрузки (80-90%) равномерно распределена на две главные опоры.

В зависимости от конструкции ВС главные опоры могут быть с одиночными и многоколесными шасси. Многоколесные шасси, значительно улучшают условия работы покрытий за счет распределения нагрузки на большую площадь. Простейшим типом многоколесных шасси является опора, имеющая два сдвоенных колеса.



Применение сдвоенных и счетверенных колес на опорах самолета позволяет значительно уменьшить толщину покрытий.

2. Помимо статических нагрузок, аэродромные покрытия подвержены **динамическим нагрузкам** от движущихся с большой скоростью ВС при рулежке, взлетах, посадках и торможении. Наибольшие нагрузки на покрытие бывают при движении ВС со скоростью 30-40 км/ч, когда влияние подъемной силы невелико. Основная **масса деформаций сосредоточена на концевых участках**, где скорость движения ВС значительно меньше, чем в средней части.

Величина нагрузки на покрытие во многом зависит от состояния его поверхности. На достаточно ровных покрытиях динамические нагрузки незначительно превышают статические. **При неровностях высотой до 1-2 см динамические нагрузки возрастают на 20-30% по сравнению со статическими нагрузками. При неровностях высотой 3,5-4,0 см возрастание динамических нагрузок достигает 30-45%.**

Условия работы покрытий на РД и на средней части ИВПП наиболее тяжелые, что учитывается повышенными значениями толщины покрытий на этих участках.

3. Кроме нагрузок от веса самолета, на покрытие действует поток отходящих газов реактивных двигателей.

Струи реактивных двигателей при максимальных оборотах имеют **температуру газов 600-800°C**, а **скорость газов при выходе из сопла – 600-700 м/с**. При соприкосновении с покрытием температура струи снижается до 250-350°C, а скорость до 10 м/с (рис). Струя в месте контакта с покрытием распространяется на **площадь эллиптической формы, называемую полем струи**. У современных самолетов длина поля струи составляет 50-60 м на режиме руления и 80-100 м на режиме максимальных оборотов. Максимальная ширина поля струи соответственно составляет 20-30 и 30-50 м.

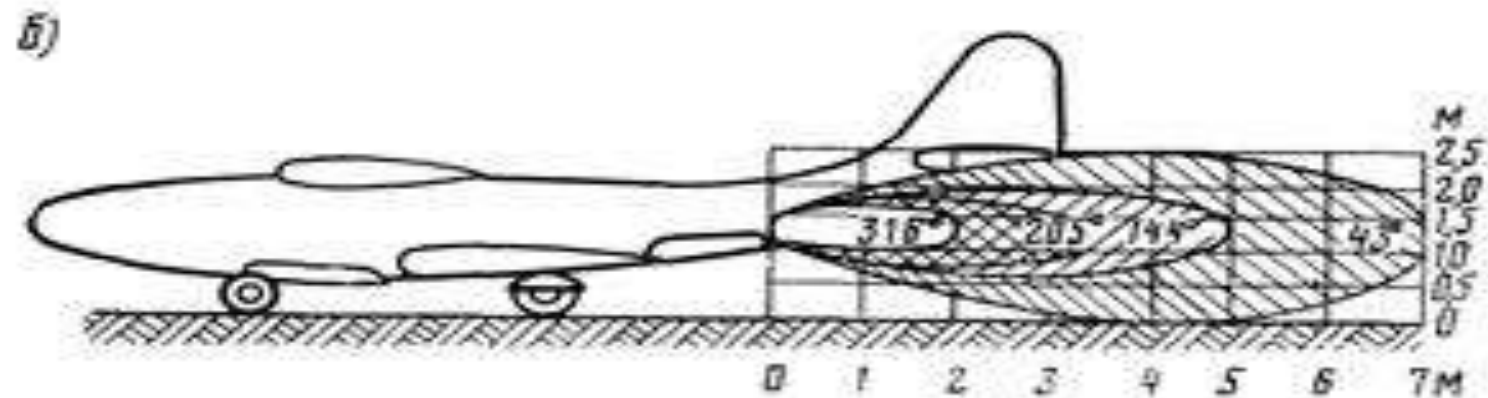
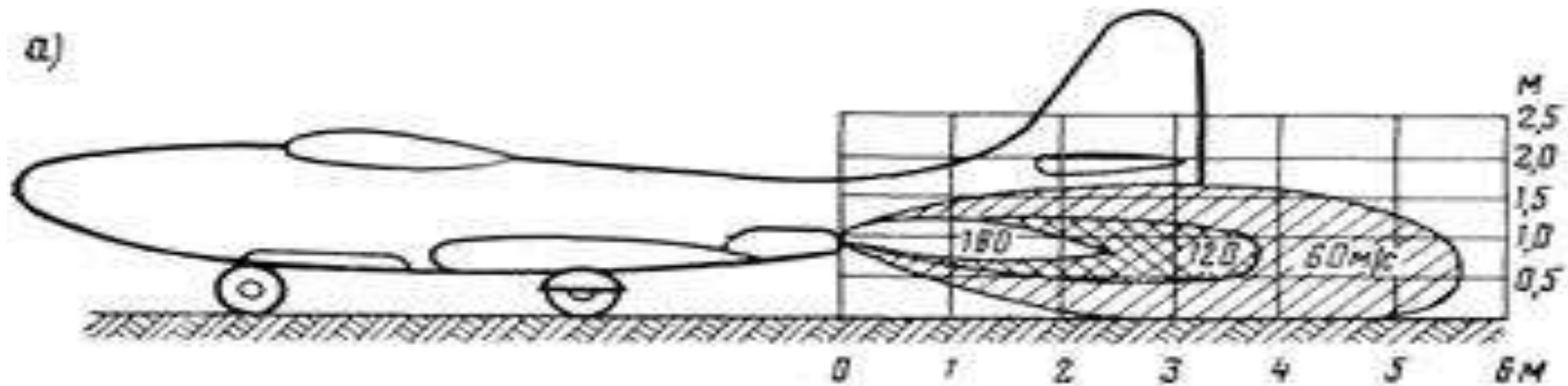


Рис. Распределение скоростей (а) и температур (б) в газовых струях реактивных самолетов

4. Не менее важное влияние на работу искусственных покрытий оказывают климатические и гидрологические факторы. Искусственные покрытия подвержены воздействию природных факторов – переменному температурно-влажному режиму, пучению или набуханию подстилающих грунтов, многократному замораживанию и оттаиванию, влиянию солнечной радиации, ветровой эрозии и т.д. Морозное пучение, приводит к увеличению общего объема промерзающей толщи грунта и вертикальному поднятию его поверхности. Развивающиеся в искусственных покрытиях под влиянием переменного температурного режима напряжения могут вызвать разрушение. Они особенно опасны для длинных бетонных плит. Многократное замораживание и оттаивание может привести к разрушению покрытий или появлению отдельных трещин. Природные факторы должны учитываться при выборе типа и конструкции искусственных покрытий.

Вопрос 4 Жесткие покрытия аэродромов

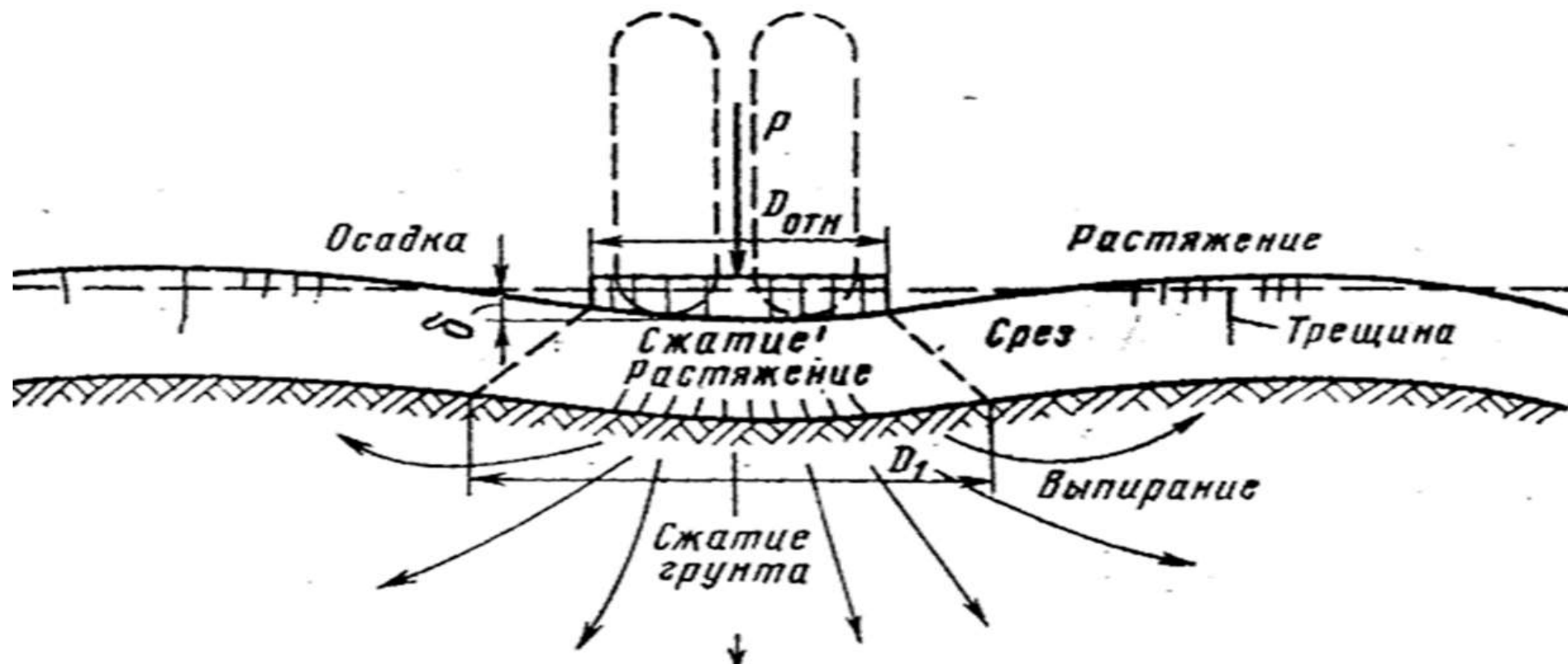
1. Бетонные покрытия В СССР жесткие покрытия на аэродромах начали устраивать с 1930 гг. Это были покрытия из бетонных шестигранных плит толщиной 10-14 см с размером стороны 1,25 м. Плиты укладывали вручную.



Позднее начали применять более мощные бетонные плиты. Первоначально увеличение их прочности обеспечивалось лишь увеличением толщины бетонных плит с 10-14 до 14-22 см и сторон шестигранных плит до 1,5 м.

Позднее появились **плитоукладочные машины**, которые позволили полностью механизировать устройство бетонных покрытий. При этом пришлось отказаться от шестигранных плит и **перейти на плиты прямоугольной формы**, применение средств механизации для укладки которых значительно проще.

Учитывая большую площадь покрытия на аэродроме, устройство его является дорогим. Поэтому покрытия устраиваются тонкими (20-50см), способными к образованию трещин и разрушению. На рис. показано многократное воздействие шасси самолета на покрытие аэродрома, схема его деформирования и разрушения.



Поскольку плиты бетонных покрытий испытывают напряжения на изгиб, растяжение и сжатие, то определяющими характеристиками аэродромного бетона являются предел прочности при изгибе и растяжении. Способность бетона воспринимать изгибающие и растягивающие усилия, которая в 8-12 раз ниже способности бетона воспринимать сжимающие усилия.

Бетонные покрытия устраивают из прямоугольных плит. Наибольший размер стороны плиты не должен превышать 5 м. Таким образом, бетонное покрытие разделяется на отдельные плиты продольными и поперечными швами. Для заполнения швов в бетонных покрытиях применяются мастика «Изол» и резинобитумное вяжущее. Толщина бетонных покрытий обычно изменяется в пределах 16-28 см.

2. Железобетонные (армобетонные) покрытия. Как мы говорили, предел прочности бетона на растяжение значительно меньше, чем на сжатие. Для устранения этого недостатка в железобетонных покрытиях в бетон вводят стальную арматуру, которая воспринимает растягивающие напряжения. Эти покрытия армируют сетками из стержневой арматуры класса S-300, диаметром 16-14 мм. Сетки располагают в верхней зоне сечения покрытий на расстоянии от поверхности, равном $\frac{1}{3}$ толщины плиты. Армобетонные покрытия разделяются на отдельные прямоугольные плиты продольными и поперечными швами сжатия и растяжения. Размеры этих плит в плане от 7х20 до 7х30 м. Большим достоинством армобетонных покрытий является не только увеличение прочности плит, но и повышение их трещиностойкости от воздействия самолетных нагрузок и природных факторов при относительно малом расходе стали.

3. Монолитные предварительно напряженные покрытия. К ним относятся такие покрытия, у которых при строительстве осуществляется предварительное обжатие бетона. Сжимающие напряжения предупреждают возникновение растягивающих напряжений от эксплуатации нагрузок. Покрытия из монолитного предварительно напряженного железобетона обладают высокой трещиностойкостью. Толщина этих покрытий уменьшается в 1,5-2,0 раза по сравнению с бетонными, а расход арматурной в 2-3 раза по сравнению с обычными железобетонными покрытиями за счет использования высокопрочной арматурной стали и бетонов высоких марок. Их можно устраивать из плит больших размеров, что резко снижает количество швов и тем самым улучшает эксплуатационные качества покрытия.

4. Предварительно напряженные покрытия с натяжением арматуры на затвердевший бетон. Для армирования применяют пучки или пряди из высокопрочной проволоки либо стержни из стали. Арматуру устанавливают до бетонирования в каналах из гофрированных трубок, что предотвращает ее сцепление с бетоном.

Через эти каналы после затвердения бетона протаскивают арматурные пучки или стержни гидравлическими домкратами, упирающимися в вертикальные боковые грани плит, с последующей анкеровкой этой арматуры в напряженном состоянии. Технологическим недостатком покрытий этого типа является трудность механизации строительства и большое количество ручных операций при монтаже арматуры и ее натяжении и анкеровке. При двухосном армировании (вдоль и поперек) толщина покрытия должна быть не менее 18 см, а при армировании только в одном направлении – не менее 16 см.

Армобетонные, железобетонные покрытия



5. Предварительно напряженные покрытия с натяжением арматуры до бетонирования (струнобетонные покрытия). Технология была разработана в СССР в 1956 г. и широко применялась для строительства покрытий аэродромов в 1960-1980 годах.

В продольном направлении покрытие армируют высокопрочной проволокой (или прядями), раскладываемой механизированным способом и свариваемой при помощидвигающейся по рельс-формам самоходной сварочной машины на участке длиной 500-1000 м. Натяжение арматуры производится до бетонирования на всю длину. Для удержания арматуры в натянутом состоянии на период бетонирования и набора бетоном прочности устанавливают анкеры в начале и конце каждого участка через 500-1000 м.

Покрывтне после набора бетоном необходимой прочности разрезают поперечными швами на плиты длиной 50-100 м. Толщина покрытий соответствует 18-25 см.



Устройство швов

Одним из этапов строительства бетонных покрытий ВПП является устройство деформационных швов. Их устраивают для предотвращения растрескивания бетонного покрытия под воздействием высоких нагрузок, для исключения доступа влаги в основание бетонного покрытия и т.д.

После укладки участка бетонного покрытия он должен набрать определённую прочность (до 20%). Для того, чтобы в процессе набора прочности избежать появления хаотичных трещин на поверхности бетонных покрытий на глубину $\frac{1}{3}$ от толщины уложенного бетона прорезается "пионерный" (ложный) шов толщиной 3-5 мм. Местоположение пионерного шва определяется согласно проекту.

При наборе определенной прочности на месте пионерного шва устраиваются швы сжатия (технологические швы). Технологические швы прорезаются на глубину 3-7 см в зависимости от проекта и шириной 8-12 мм. Швы сжатия дают возможность плитам сокращать свои размеры, т.е. сжиматься при усадке бетона в процессе его твердения и при понижении температуры.

Фото 1 – пионерный шов Фото 2- Шов сжатия (технологический шов)



В случае длинных бетонных участков обязательно устраиваются температурные швы (швы расширения) с периодичностью, определённой проектом. Эти швы обеспечивают свободу перемещения плит при расширении, при повышении температуры или при увеличении влажности бетона.

Температурный шов устраивается на всю глубину бетонного покрытия. Ширина температурных швов, как правило, 25-40 мм, для устройства такого шва производится нарезка двух пропилов на всю глубину бетонного покрытия, с последующим демонтажом вырезанной бетонной обоймы. После этого производится очистка (при необходимости просушка горячим воздухом) металлическими щётками полости шва. Следующим этапом является засыпка резиновой крошкой, ее уплотнение и укладка полипропиленового уплотнителя в камеру шва с последующей герметизацией горячей мастикой.

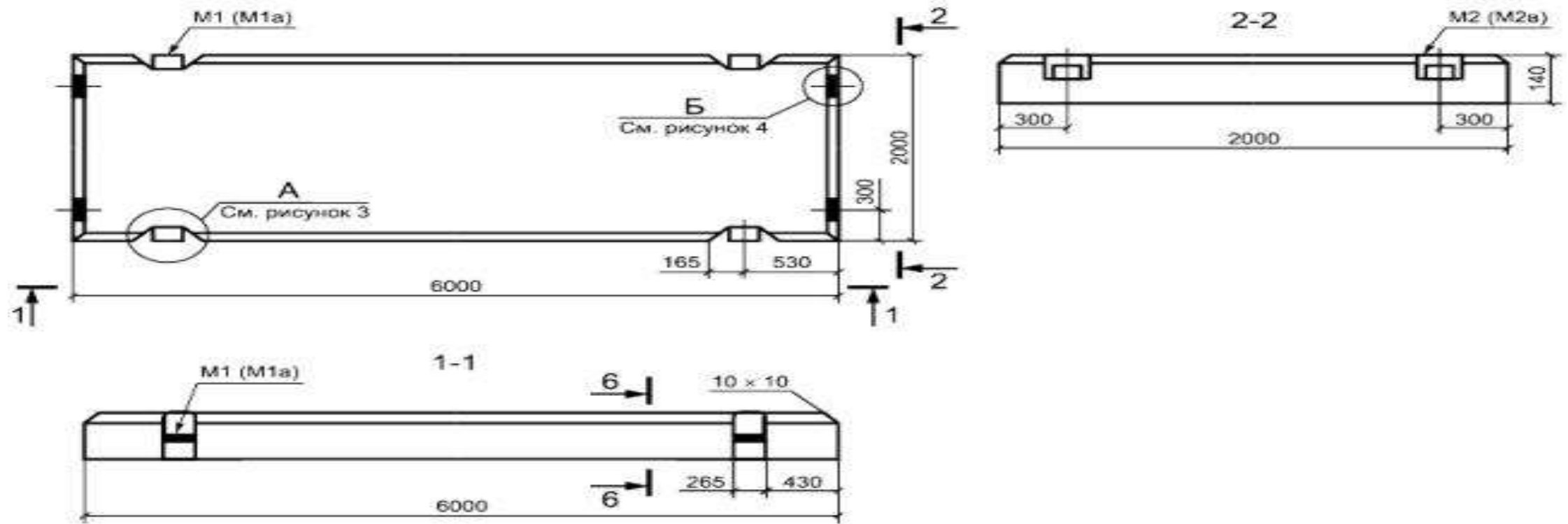
Температурный шов



6. Покрытия из предварительно напряженных железобетонных плит заводского изготовления. Аэродромные покрытия из сборных предварительно напряженных железобетонных плит создают возможность массового производства плит индустриальными методами на заводах ЖБИ и превращение строительной площадки в монтажную.

Такая плита обеспечивает требуемую для покрытия прочность и трещиностойкость. Для массового изготовления разработаны плиты **ПАГ-14, ПАГ-18 и ПАГ-20 (ПАГ – плита аэродромная гладкая) размерами в плане 2х6 м**, которые армированы в продольном направлении двухрядной предварительно напряженной арматурой класса S500, а в поперечном направлении – обычной ненапряженной арматурой. Плиты должны удовлетворять требованиям ГОСТ 25912-2015 «Плиты железобетонные предварительно напряженные для аэродромных покрытий. Технические условия».

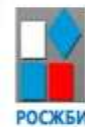
Основная толщина плит 14 см, но при незначительном переоборудовании оснастки на заводах-изготовителях можно готовить плиты толщиной от 12 до 20 см.



Форма и основные размеры плиты ПАГ-14

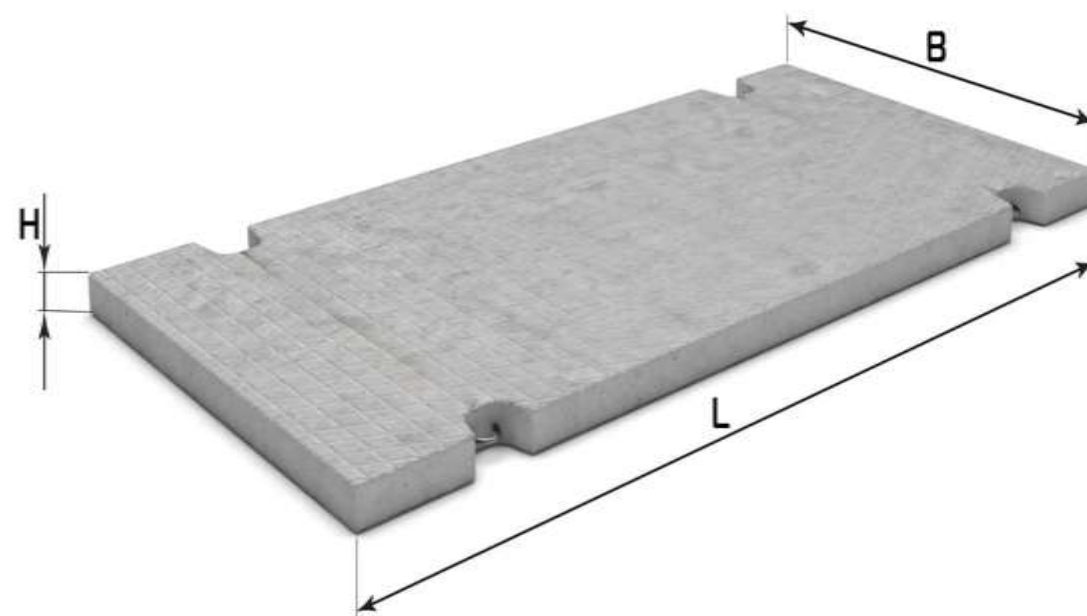
Между плитами и основанием в монолитных жестких покрытиях предусматривают разделяющие прослойки из битуминизированной бумаги, пергамина, пластмассовой пленки или песчано-битумной смеси.

ПАГ-14, ПАГ-20



ПАГ-20

Плита аэродромная
ГОСТ 25912.0-91



Вопрос 5 Покрытия аэродромов нежесткого типа

Конструкция нежесткого покрытия состоит из верхнего слоя, несущего слоя и искусственного основания (рис).

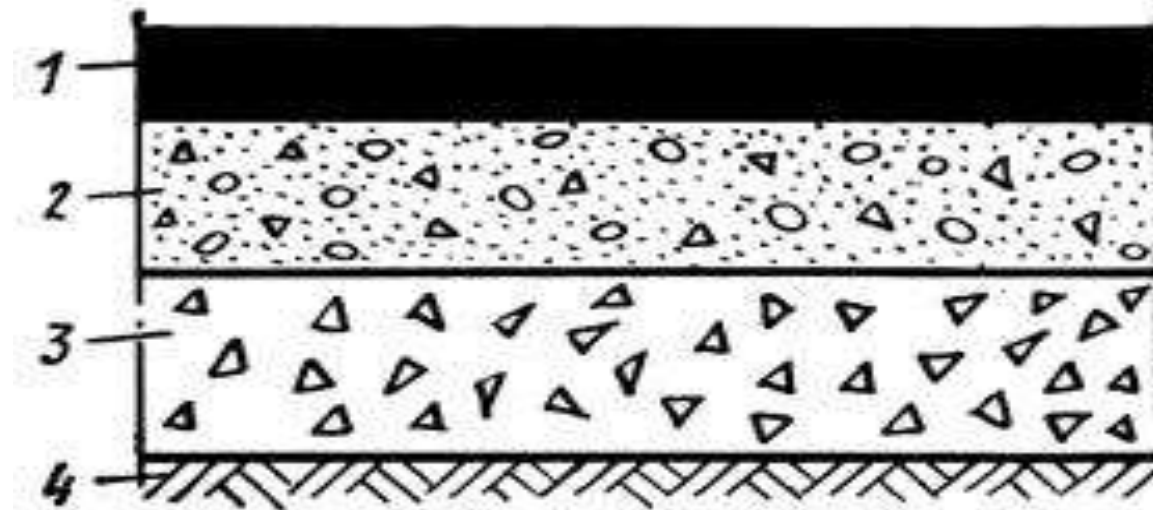


Рис. Схема покрытия нежесткого типа: 1 – верхний слой (покрытие); 2 – несущий слой 3 – искусственное основание; 4 – естественное грунтовое основание

1. Асфальтобетоном называют искусственный материал, полученный в результате уплотнения подобранной смеси из щебня, песка, минерального порошка и битума. Асфальтобетон готовится в асфальтобетонных смесителях путем перемешивания указанных выше составляющих в нагретом состоянии.

В зависимости от температуры укладки и вязкости битума, используемого при приготовлении смеси, асфальтобетонные смеси подразделяются на:

- горячие (температура горячей смеси, укладываемой в покрытие 120-160°C);**
- теплые (температура укладываемой смеси должна быть 80-130°C);**
- холодные (температура укладки холодной смеси в покрытие 5-40°C).**

Чаще асфальтобетон из холодных смесей применяется для ремонта покрытий.

Асфальтобетонные покрытия устраивают на прочных основаниях из щебня, подобранных гравийных смесей.

Асфальтобетонное покрытие может быть однослойным, двухслойным и трехслойным. На участках, где развиваются большие тормозные усилия при движении самолетов, вызывающие большие касательные напряжения, асфальтобетон следует укладывать в два и три слоя. Это - концевые участки ИВПП и магистральные РД. На остальных участках покрытие можно устраивать в один или два слоя. Однослойные асфальтобетонные покрытия устраивают толщиной 6-8 см, двухслойные – 12-16 см, трехслойные – 18-24 см.

В местах запуска и опробывания двигателей асфальтобетонные покрытия рекомендуется армировать сварной сеткой из проволоки диаметром 2,5-3,5 мм с размером ячеек 100x100 мм. На концевых участках ИВПП и на МС армируют полосу шириной 15 м. В местах заправки и ремонта ВС для предохранения покрытий от пролитых топлив и масел рекомендуется укладывать на неуплотненную асфальтобетонную смесь цементный раствор состава 1:1.

2. Покрытия из прочных щебеночных материалов выбранного состава, обработанные органическими вяжущими материалами, устраиваемые способом пропитки. Щебеночные покрытия устраиваемые способом пропитки, имеют высокую прочность, водостойчивость, беспыльность.

Щебеночные покрытия устраивают слоями из чистого сухого и однородного по прочности щебня, выбранного по фракциям. При каждой последующей россыпи щебня одновременно производится уплотнение и розлив вяжущих. Вяжущее проникает в толщу и совместно с щебнем создает слой устойчивого и долговечного покрытия. В зависимости от назначения покрытия пропитка может быть глубокой (6,5-8,0 см) или облегченной (4-6 см). При глубокой пропитке применяется щебень трех-четырех фракций с максимальным размером частиц до 65-70 мм, при облегченной – щебень двух-трех фракций с максимальным размером частиц до 30-40 мм.

Для пропитки применяют нефтяные и сланцевые битумы и каменноугольные дегти. Щебеночные покрытия обычно устраивают на искусственных основаниях из щебня, грунтощебеночной или грунтогравийной смеси, а также из стабилизированных грунтов. При устройстве этих покрытий вначале рассыпают и слабо прикатывают одномерный слой щебня. Далее разливают битум, который просачивается в поры между щебенками. При дальнейшем уплотнении тяжелыми катками достигается окончательное уплотнение битума в щебеночном слое. Последующие слои (второй, третий, четвертый) обрабатывают в таком же порядке.

3. Упрощенные покрытия устраивают путем укрепления местных грунтов дегтем, цементом, известью, повышающими связность и водостойчивость местных грунтов наиболее распространено укрепление добавками другого грунта, гравия, щебня, а также укрепление вяжущими битумами.

Вопрос 6 Сборно-разборные покрытия аэродромов

Сборно-разборные покрытия применяются на временных аэродромах для обеспечения кратковременной работы авиации, преимущественно в периоды весенней и осенней распутиц. Используются сборно-разборные покрытия аэродромов из стальных штампованных плит.

Штампованные стальные перфорированные плиты изготавливают из стального листа толщиной 3,5 мм размерами в плане 3041х411 мм. Вес плиты 33 кг. Три ряда отверстий диаметром 66 мм уменьшают вес плиты и облегчают просыхание грунта под покрытием.

Для соединения плит по продольным краям устроены крюки и пазы. Покрытия собирают таким образом, чтобы плиты длинной стороной располагались перпендикулярно продольной оси летной полосы. Края плит прикрепляют к грунту при помощи проволочных скруток и деревянных кольев



На концевых участках ВПП крайние четыре ряда плит заглубляют в грунт под углом 35-45°. При этом последний ряд закрепляется кольями, после чего производят засыпку грунтом (рис).

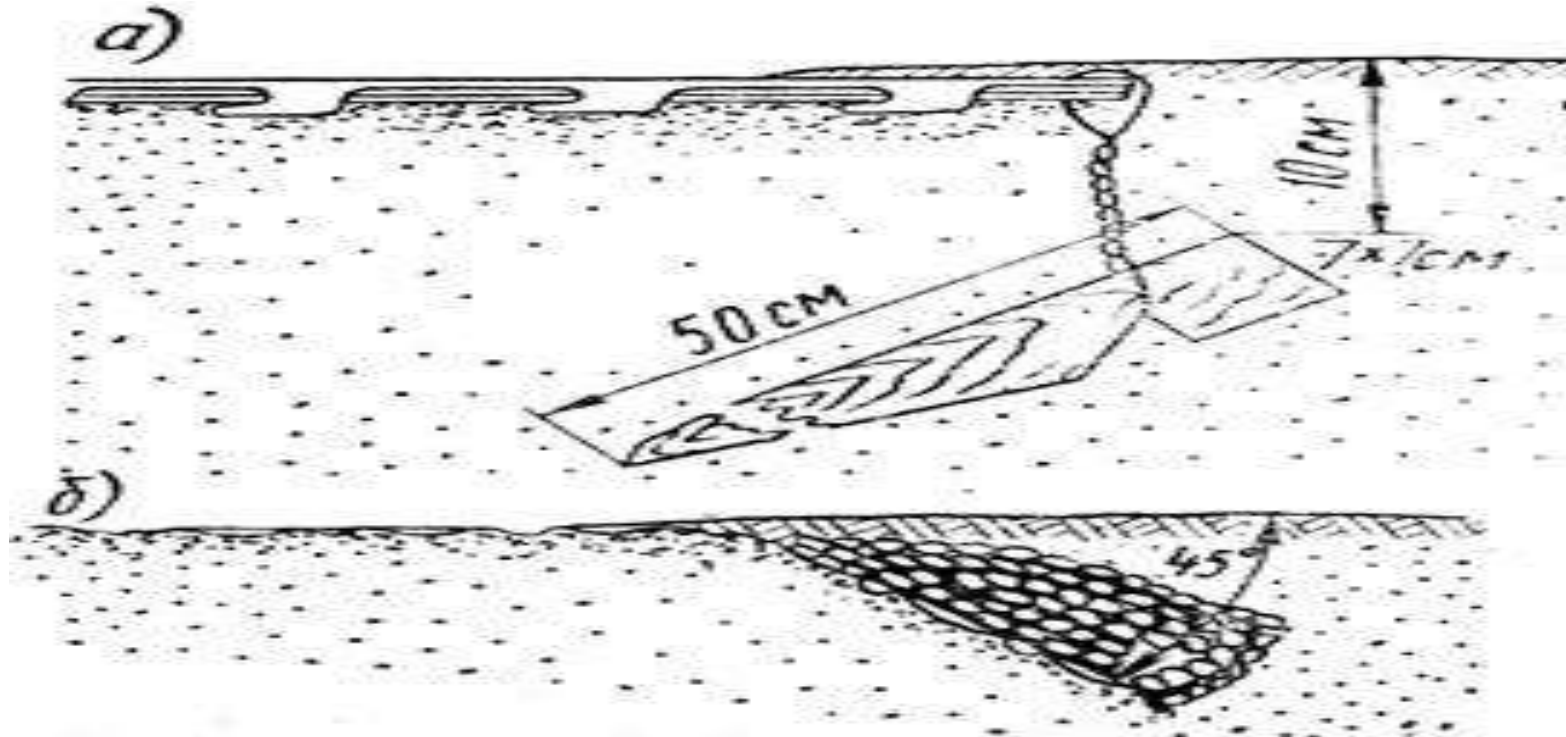


Рис. Закрепление краев плит: а – у продольной кромки; б – на конце взлетно-посадочной полосы