

ИСКУССТВЕННЫЕ ГРУНТЫ В СПОРТИВНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Канд. геолого-минералогич. наук В. Н. НОВОЖИЛОВ

Введение

В нашей стране непрерывно растет число спортивных сооружений, ежегодно вступают в эксплуатацию десятки и сотни больших и малых стадионов, спортивных баз, водных и гребных станций. Только за последний период закончено строительство крупнейшего стадиона в Европе — стадиона им. С. М. Кирова в Ленинграде, большого стадиона в Баку и велотрека в Москве.

Строительство спортивных сооружений в полном значении этого слова началось лишь после Великой Октябрьской социалистической революции. Наибольший же размах этот вид культурного строительства получил в годы сталинских пятилеток.

Строительство спортивных сооружений как новый вид строительства, поставило перед проектировщиками и строителями ряд новых задач, обусловленных требованиями спортивной технологии. Возникла необходимость в разработке принципов спортивного проектирования, создании технически совершенных типовых проектов, введении единых норм на строительные работы и решении ряда других вопросов.

В общем комплексе работ по возведению стадиона большую и совершенно обособленную роль играет устройство так называемого спортивного ядра — центральной части стадиона — места состязаний по легкой атлетике и футболу. Как известно на любом современном стадионе спортивное ядро на глубину 0,4—0,5 м покрыто искусственными грунтами, в основании которых находится дренажное устройство для отвода ливневых атмосферных и талых весенних вод.

В предлагаемой работе рассматриваются физико-технические свойства специальных смесей лучших отечественных стадионов, приводится обзор основных положений по укреплению грунтов для целей дорожного и аэродромного строительства с учетом использования их при спортивном строительстве и на основе требований спортивной технологии применительно к физико-географическим условиям дана методика подбора специальных смесей.

Необходимость изучения физико-технических свойств специальных смесей и разработка методики их подбора диктуется как запросами практики, так и теоретическими соображениями. В литературе имеются лишь отрывочные, в значительной мере устаревшие, данные о некоторых свойствах специальных смесей стадионов Ленинграда, которые совершенно не отражают современного состояния вопроса. Существующая методика подбора специальных смесей страдает целым рядом погрешностей, не отражает ни физико-географических особенностей районов

строительства спортивных сооружений, ни конструктивных особенностей покрытий площадок. Теоретического обоснования методика подбора смесей не имеет. Существующие покрытия стадионов в большинстве случаев не отвечают предъявляемым к ним требованиям.

Огромный размах строительства стадионов в нашей стране требует детального изучения физико-технических свойств специальных смесей, возникает острая необходимость в разработке новой, более совершенной методики, соответствующей требованиям спортивной технологии и запросам практики.

* * *

Обработка фактического материала, использованного в настоящей работе, проводилась в инженерно-геологической лаборатории Ленинградского горного института. Большая часть анализов грунтов выполнена автором, часть испытаний проведена при активном участии студента-гидрогеолога И. К. Поленова, ст. лаборанта Т. Д. Новожиловой и ст. препаратора В. С. Шекиной. Рентгенометрические исследования тонкодисперсной части искусственных грунтов выполнены научным сотрудником института И. В. Иогансен, а содержание гумуса — научным сотрудником лаборатории почвоведения Ленинградского университета М. Д. Родалевской.

В процессе выполнения настоящей работы автор пользовался консультацией проф. В. В. Охотина, доц. В. Д. Ломтадзе, канд. геолого-минералогических наук В. М. Максимова, а также ценными советами сотрудников лаборатории инженерной геологии кафедры гидрогеологии и инженерной геологии института. Общее руководство осуществлял проф. Н. И. Толстихин.

1. КРАТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР

В царской России не было ни одного стадиона в полном понимании этого слова. Были лишь отдельные плохо оборудованные спортивные площадки.

Первая спортивная площадка для легкоатлетического спорта была построена в Петербурге в 1900 г. на Крестовском острове членами Санкт-Петербургского кружка любителей спорта. Это была беговая дорожка длиной 130 м и места для толкания ядра и прыжков.

В 1909 г. спортивное общество «Маяк» в Петербурге построило на Крестовском острове (территория существующего стадиона «Динамо» — второе поле) первую большую спортивную площадку, близкую по размерам к современным. Здесь была оборудована беговая дорожка длиной 400 м с искусственным шлаковым покрытием.

Строительство спортивных площадок в Москве начинается с 1908 г. Первая площадка была построена Московским клубом лыжников на Ходынском поле (территория стадиона «Юных пионеров»). Несколько позднее были построены простейшие спортивные площадки в Петровско-Разумовском и в Сокольниках. В 1911—1912 гг. Московский клуб лыжников реконструировал площадку на Ходынском поле, построив овальной формы беговую дорожку с искусственным покрытием из смеси мелкоизмельченного шлака, песка и чернозема.

С 1912 по 1917 г. в Москве, Петербурге, Риге, Серпухове, Подольске и Киеве было построено лишь несколько простейших площадок. В крупнейших городах Средней Азии, Закавказья, Грузии и Сибири спортивных площадок для легкоатлетического спорта вообще не было.

В России все спортивные сооружения принадлежали частным клубам, которые объединяли главным образом аристократическую и буржуазную часть общества. Самостоятельных рабочих спортивных орга-

низаций не существовало. Членство и пользование спортивными сооружениями было платным. Так, вступительный взнос в Санкт-Петербургский кружок любителей спорта был равен 25 руб., а членские взносы — 50 руб. Таким образом, рабочие не имели возможности заниматься спортом.

После Октябрьской социалистической революции, в первые годы Советской власти, партия и правительство, рассматривая физическую культуру и спорт как дело большой государственной важности, дали указание о строительстве спортивных сооружений. В 1923 г. только в Москве началось строительство стадиона на Всесоюзной сельскохозяйственной выставке, стадиона «Юных пионеров», «Кор» и «Искра». Несколько позднее началось строительство стадионов профсоюзов химической, сахарной и кожевенной промышленности.

В 1923 г. в Петрограде, на Петровском острове был открыт стадион им. В. И. Ленина.

В 1922 г. впервые в Средней Азии (Ташкенте) в пределах городского парка была оборудована спортивная площадка с грунтовой беговой дорожкой и секторами легкой атлетики. В Грузии (Тбилиси) первая площадка для легкоатлетического спорта была построена в 1924 г. (площадка Городского совета физкультуры).

Несколько позднее (1926—1927 гг.) в Москве было закончено строительство большого стадиона спортивного общества «Пищевик». Беговая дорожка и секторы легкой атлетики были построены под руководством В. А. Серебрякова, который сделал попытку обобщить опыт строительства искусственных покрытий. По отзывам печати того времени и воспоминаниям спортсменов, автору удалось построить хорошее для того времени искусственное покрытие.

В 1926 г. в Ленинграде на о. Голодай по проекту арх. М. И. Синявера был построен стадион «КИМ» с деревянными трибунами на 8 тыс. человек.

Принятие первого пятилетнего плана развития народного хозяйства дало новый мощный толчок в строительстве спортивных сооружений. Там, где возникали новые города, промышленные и транспортные поселки, — всюду строились большие и малые стадионы, спортивные базы и площадки. С 1928 по 1933 г. были построены тысячи заводских и городских стадионов и спортивных площадок. Наряду со строительством небольших стадионов было начато возведение значительных спортивных комплексов и стадионов с обширными трибунами для десятков тысяч зрителей.

В Ленинграде в 1928—1929 гг. по проекту мастерской акад. А. С. Никольского был построен стадион «КСИ» и начато сооружение первой очереди стадиона «Красный лутиловец». Эти стадионы охватывали целый комплекс спортивных сооружений. Несколько позднее по проекту акад. А. С. Никольского и арх. К. И. Кашина началось строительство стадиона «Красный треугольник» с трибунами на 28 000 мест.

Одним из самых капитальных сооружений этого времени является строительство стадиона спортивного общества «Динамо» в Москве. Стадион был построен по проекту арх. Л. З. Чериковер в 1928 г. В дальнейшем стадион был несколько реконструирован, и в настоящее время он значительно превосходит как по вместимости, так и по комплексу сооружений такие сооружения, как Олимпийские стадионы в Стокгольме, Париже, Амстердаме и др. По своему оборудованию, благоустройству и размерам стадион «Динамо» является одним из крупнейших в числе лучших мировых спортивных сооружений.

Еще больший размах спортивного строительства происходит в годы второй пятилетки. Общий подъем культурного и материального уровня трудящихся, повседневная забота партии и правительства о физическом воспитании молодого поколения способствовали массовости и всенародности спорта и физической культуры. Потребность в спортивных сооружениях возросла. За вторую пятилетку выросли сотни заводских, районных и колхозных стадионов, гребных и лыжных баз и пр. Во вторую пятилетку крупные спортивные сооружения были построены в столицах Союзных республик.

В 1934 г. по проекту архитекторов В. П. Осмак и Н. Д. Манучаровой в живописной местности, на берегу Днепра, в городском парке был построен киевский стадион «Динамо». Замкнутые эллиптической формы трибуны на 20 000 зрителей были воздвигнуты при удачном использовании рельефа местности. В это же время было начато сооружение стадиона «Динамо» в Харькове.

В столице Грузии — Тбилиси на левобережье реки Куры в 1937 г. было закончено строительство обширного стадиона. Автор этого интересного в архитектурном отношении сооружения арх. А. Г. Курдиани блестяще использовал традиции грузинского зодчества, отразил в архитектурном оформлении быт и нравы грузинского народа.

Строительство большого стадиона в Ереване — столице Армении — было начато в 1935 г.

Стадион занимает территорию в 17 га, где построены различные площадки и плавательный бассейн.

В 1933—1938 гг. в Одессе и Днепропетровске были построены стадионы спортивного общества «Динамо».

В Ленинграде в 1934 г. по проекту архитекторов О. Л. Лялина и Л. О. Свирского был построен стадион «Динамо». Здесь было оборудовано два поля для футбола и легкой атлетики, водная станция, теннисные корты с трибунами и несколько различных площадок для игр. Несколько позднее по проекту арх. И. Г. Лангбард был реконструирован стадион имени В. И. Ленина. Комплекс спортивных сооружений (площадки для легкой атлетики и футбола, водная станция, теннисные корты и др.) раскинулся в центральной части города — на Петровском острове. В 1938 г. было закончено строительство первого специального легкоатлетического стадиона спортивного общества «Медик». Стадион построен по проекту арх. В. К. Крылова. Он занимает территорию 8,5 га, при этом спортивное ядро и спортивный павильон расположены в парке с многолетними деревьями. В это же время в Ленинграде было построено несколько стадионов и площадок при заводах и учебных заведениях (стадионы ГОМЗ имени ОГПУ, завода «Большевик» и др.).

В Москве в 1937 г. в Черкизово был построен по проекту архитекторов А. Я. Васильева и Г. Г. Вегман стадион спортивного общества «Сталинец». Трибуны стадиона имеют замкнутую форму, устроены на искусственном земляном основании и вмещают до 15 000 зрителей. Кроме основного спортивного ядра, стадион имеет комплекс теннисных и других площадок для игры в мяч.

В предвоенные годы было построено много спортивных площадок при учебных заведениях, заводах и колхозах. Одновременно со строительством небольших стадионов продолжалось создание крупных комплексных сооружений. Еще до войны в значительном объеме были проведены работы по сооружению республиканского стадиона в Киеве и стадиона имени С. М. Кирова в Ленинграде. После войны эти стадионы вступили в строй. Ленинград и Киев обогатились замечательными спортивными ансамблями.

В 1945 г. было начато и в 1951 г. закончено строительство большого стадиона в Баку — одного из крупных спортивных сооружений нашей страны. Стадион вмещает около 25 000 зрителей.

В послевоенный период закончено строительство стадионов республиканского значения в Минске и Кишиневе.

Если в царской России насчитывалось немногим больше двух десятков спортивных площадок для легкой атлетики и не было ни одного стадиона, то сейчас у нас трудно найти город, промышленный центр, который не имел бы стадиона или хорошо оборудованной площадки. К услугам нашего народа такие замечательные сооружения, как стадион имени С. М. Кирова в Ленинграде, стадион имени Н. С. Хрущева в Киеве, стадион «Динамо» в Москве, Зимний стадион в Ленинграде и сотни других прекрасных сооружений.

В народнохозяйственном плане пятой пятилетки запланированы значительные средства на строительство и реконструкцию спортивных сооружений.

II. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Первое применение искусственных покрытий для спортивных целей относится к началу XX в. В 1909 г. спортивное общество «Маяк» на Крестовском острове в Петербурге при постройке овальной беговой дорожки длиной 400 м применило искусственное покрытие. Покрытие было однослойным и состояло из смеси мелкого шлака, песка и глины.¹ Работами по постройке площадки руководил П. А. Агеев.

В 1912 г. члены Московского клуба лыжников под руководством русского инженера, в то время известного спортсмена, А. Н. Шульца впервые в Москве построили спортивную площадку с искусственным покрытием. Для покрытия площадки была использована смесь, состоящая из шлака, местного грунта — песка и глины.

В 1918 г. искусственные покрытия для спортивных целей были применены на спортивных площадках в Подольске и Серпухове.

Данных о процентном соотношении материалов смеси покрытий первых спортивных площадок, к сожалению, не сохранилось.

В 1923 г. начинается строительство нескольких стадионов в Москве и Петрограде с применением искусственных покрытий для мест занятий легкой атлетикой.

Первое обобщение отечественного опыта строительства искусственных покрытий для легкоатлетического спорта относится к 1927 г. При постройке беговой дорожки на стадионе «Пишевик» в Москве В. А. Серебряков использовал и обобщил опыт строительства площадок Москвы, Ленинграда и других городов СССР.

Отличительной особенностью первого периода строительства искусственных покрытий для легкоатлетического спорта (до 1928 г.) являлось участие самих спортсменов в создании искусственных смесей. Исходя из запросов практики, они опытным путем создавали новые составы смесей, искали пути их улучшения.

Большой размах спортивного строительства в годы первой пятилетки, а также возросшие требования к качеству спортивных площадок потребовали от строителей поисков новых путей для создания дешевых и качественных покрытий. К началу 1928 г. в Ленинграде при Областном совете физической культуры была создана секция спортивных сооружений. Она объединила инженеров, архитекторов, проектировщиков и других технических специалистов из числа спортсменов-любителей и руко-

¹ Наличие глины в смеси предположительно.

водителей физической культуры Ленинграда. Секция взяла под контроль все спортивное строительство в городе. Нормы строительного проектирования спортивных сооружений, методические указания и другие материалы, разработанные секцией, долгое время были единственными руководящими материалами для строительства и проектирования в нашей стране.

За сравнительно короткий отрезок времени (1928—1931 гг.) было построено значительное количество стадионов, на которых применены искусственные грунты. Опыт строительства спортивных сооружений послужил базой для некоторого теоретического обоснования ряда специальных вопросов и освещения их в печати.

Литература по спортивным сооружениям весьма бедна. Об искусственных покрытиях для легкоатлетического спорта кратко изложено в руководствах по общим вопросам строительства спортивных сооружений. Только одна небольшая монография В. П. Поликарпова [31] целиком посвящена искусственным покрытиям. Данных о физико-механических свойствах специальных смесей, кроме единичных анализов гранулометрического состава, ни в отечественной, ни в зарубежной литературе нет.

Первой советской работой по спортивным сооружениям является книга инж. С. П. Зверинцева [8]. В ней впервые освещены основные вопросы спортивного строительства, обобщен тридцатилетний опыт отечественного строительства спортивных сооружений. «... настоящая книга, — пишет в предисловии автор, — является первой попыткой систематизировать опыт физкультурного строительства в СССР». Книга написана по материалам секции спортивных сооружений Ленинградского областного совета физической культуры с учетом опыта строительства крупнейших сооружений в нашей стране. В ней приведен состав материалов, слагающих верхний слой покрытий площадок стадионов «Красный путиловец» и завода «Электросила» (табл. 1).

Технические требования к покрытиям С. П. Зверинцев сформулировал следующим образом: «... дорожка должна быть упруга, беспыльна, достаточно тверда, водопроницаема и долговечна». Основным критерием для составления смеси он считал механический состав и предлагал следующее соотношение: песчаных частиц 80%, пылеватых 14% и глинистых 6%. Им же дана краткая характеристика главным составляющим специальных смесей — шлакам и глине.

В небольшом разделе об искусственных покрытиях автор заложил теоретические основы подбора специальных смесей.

В 1932 г. появилась вторая книга С. П. Зверинцева [9], где в разделе об искусственных покрытиях приводятся данные обследования механического состава верхнего покровного слоя некоторых стадионов Ленинграда и Москвы. Результаты анализов были представлены треугольной диаграммой. Пределы наиболее плотных смесей автор назвал оптимальными смесями и привел краткую характеристику смесей, где указывает, что наилучшими качествами обладают те смеси, которые имеют минимум пустот и максимум плотности. В книге даны следующие пределы соотношения основных фракций специальных смесей:

- 1) песчаных частиц от 73 до 83%, в среднем 80%;
- 2) пылеватых частиц от 7 до 20%, в среднем 14%;
- 3) глинистых частиц от 2 до 10%, в среднем 6%.

Для сырого климата автор рекомендует минимальное содержание глины в составе смеси. В заключение автор приводит принципиальную схему смещения естественного грунта с карьерным (привозным) с целью получения наиболее плотной оптимальной смеси.

Стадион	Послойная характеристика покрытия				
	мощность слоя искусственных грунтов, см	верхний слой (специальная смесь)		нижний слой	
		исходные материалы смеси, %	толщина слоя, см	род материала	толщина слоя, см
„Красный путевец“	25	Специальная смесь уложена в два слоя: I	3	Крупный шлак или щебенка	15
		а) гарь — 50 б) высевки строительного мусора — 25 в) растительная земля — 25 II а) гарь — 60 б) растительная земля — 30 в) глина сухая — 5 г) песок — 5			
„Электросила“		а) гарь — 50 б) чернозем — 25 в) высевки строительного мусора — 10 г) глина сухая — 10 д) песок — 5	10	Крупный шлак	12

В 1935 г. С. П. Зверинцев и С. А. Нестеров [13] более подробно, чем в предыдущих руководствах, остановились на искусственных покрытиях. Они четко подчеркнули, что, прежде чем проектировать покрытие, нужно знать климатическую характеристику района, уровень грунтовых вод в пределах площадки и свойства грунтов площадки.

Авторы предложили два типа покрытий: а) для площадок, в основании которых залегают водонепроницаемые породы, — нормальная конструкция; б) для площадок, сложенных хорошо водопроницаемыми породами, — упрощенная конструкция (рис. 1).

В перечне материалов, применяющихся для создания искусственных грунтов, ими были указаны: высевки шлака и строительного мусора, песок, глина, растительная земля и лёсс. С. П. Зверинцев и С. А. Нестеров, характеризуя специальные смеси, отмечали, что на их качественную характеристику при одинаковых гидрогеологических условиях, климате и способах устройств основания влияет главным образом крупность зерен, составляющих смесь, и их физико-механические свойства. По гранулометрическому составу авторы разделили все материалы на три группы: песчаные, пылеватые и глинистые. Соотношение основных фракций они оставили то же, что и в ранее приведенной работе С. П. Зверинцева.

В заключение авторы привели обширную сводку составных частей верхней части покрытий по советским и зарубежным стадионам. Сводка дана в процентном соотношении материалов, без гранулометрической характеристики.

С. П. Зверинцев и С. А. Нестеров впервые в советской и зарубежной литературе сделали попытку теоретического обоснования покрытий для легкоатлетического спорта. Основные положения, высказанные

авторами, остаются и сейчас в качестве руководящих материалов при проектировании спортивных сооружений.

Для руководства при постройке простейших стадионов без применения искусственных покрытий, посредством улучшения существующих

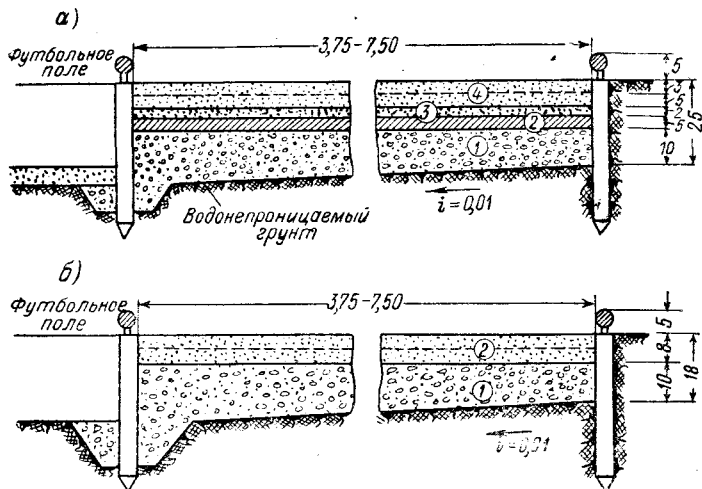


Рис. 1. Разрезы легкоатлетической беговой дорожки:
 а — нормальная конструкция: 1 — шлак с диаметром зерен 5—1,5 см; 2 — песок крупнозернистый; 3 — торф; 4 — покровный слой специального состава, укладываемый в два слоя; б — упрощенная конструкция: 1 — щебень или шлак; 2 — покровный слой

грунтов площадок карьерными добавками близлежащих (местных) естественных грунтов С. В. Зверинцевым была написана популярная брошюра [10]. Специальный раздел ее посвящен вопросам эксплуатации стадионов.

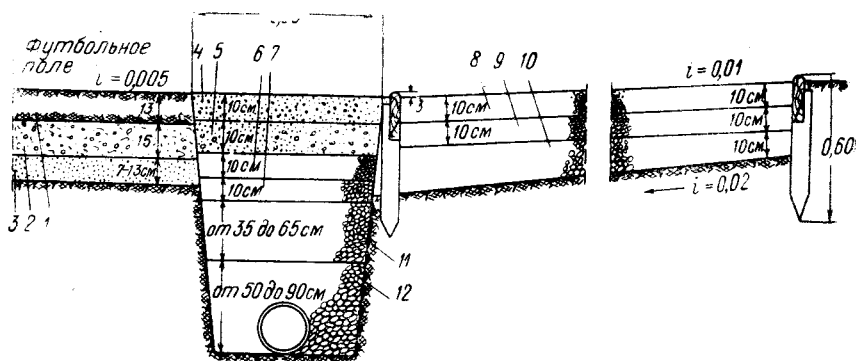


Рис. 2. Конструкция беговой дорожки:

1 — растительный слой; 2 — подпочвенный слой; 3 — песок; 4 — крупнозернистый песок; 5 — шлак или щебень, $d = 0,5-1,2$ см; 6 — шлак или щебень, $d = 1,2-1,3$ см; 7 — шлак или щебень, $d = 3-7$ см; 8 — покровный слой; 9 — щебень, $d = 1,5-2,5$ см; 10 — щебень, $d = 3-7$ см; 11 — гравий или щебень, $d = 5-7$ см; 12 — половняк или булыжник, $d = 10-15$ см

В 1937 г. Академия архитектуры издала большой сборник [11], где раздел о спортивных сооружениях написан С. П. Зверинцевым. Новых данных по искусственным покрытиям автор не приводит.

В книге, вышедшей из печати в 1938 г. [12], С. П. Зверинцев приводит несколько иной (в отличие от прежних) тип покрытия для легко-

атлетического спорта, рекомендуя грубчатый кольцевой дренаж, сопряженный с основанием покрытия (рис. 2).

В списке исходных материалов для верхнего слоя покрытия указывается, кроме приведенных ранее, гашеная известь, молотый кирпич и торф. В сводной таблице автор приводит процентное соотношение материалов, применяющихся для верхнего слоя покрытия большого числа отечественных и зарубежных стадионов.

В 1938 г. были опубликованы временные нормы строительного проектирования Всесоюзного комитета по делам физической культуры и спорта при Совете Народных комиссаров СССР. В нормах было указано, что при сооружении площадок для легкой атлетики могут быть применены три типа покрытия (конструкции): нормальный, облегченный и простейший. При сооружении беговой дорожки нормальной конструкции предусматривалось: а) щебеночное или шлаковое основание мощностью 15 см; б) специальная смесь мощностью 10 см. Кроме того, рекомендовалась сборная кольцевая дренажная внутренняя граница беговой дорожки. Поперечный уклон (для стока атмосферных вод) был принят равным 0,01. Беговая дорожка облегченной конструкции должна устраиваться на естественном грунте с введением карьерных добавок песка или глины в зависимости от рода естественного грунта. При строительстве площадок на глинистых грунтах рекомендуется устройство простейшей кольцевой дренажной системы. Поперечный уклон покрытия равен 0,01. Простейшая конструкция имеет основание и верхний покров из естественного грунта. Об основных компонентах специальной покровной смеси точных рекомендаций не дано.

ВКФ и С при СНК СССР в 1939 г. специальным приказом, действующим и в настоящее время, ввел единый типовой проект нормального спортивного ядра СССР [38].

Требования, предъявляемые к искусственным покрытиям, сформулированы следующим образом: «... беговая дорожка должна быть упруга, эластична, должна обладать постоянством объема, иметь ровную поверхность верхнего слоя и хорошо сопротивляться атмосферным (дождь, снег, лед, ветер) и механическим воздействиям».

Типовой проект предусматривает строение покрытия (конструкции), состоящего из:

а) нижнего слоя толщиной 10 см (щебенка, крупность зерна в среднем 40 мм);

б) среднего слоя (первого) толщиной 8 см (шлак);

в) среднего слоя (второго) толщиной 2 см (волокнистый торф);

г) верхнего покровного слоя толщиной 8 см (специальная смесь).

В основании покрытия по внутренней его границе предусмотрено устройство кольцевого щебеночного дренажа, рассчитанного на отвод атмосферных осадков.

Общая планировка нормального спортивного ядра, продольные и поперечные разрезы приведены на рис. 3 и 4, план и разрезы дренажной сети — на рис. 5.

Состав специальной смеси рекомендован в следующих соотношениях.

1) мелкие высевки котельной гари с зернами от 0,5 до 6 мм — 60%;

2) растительная жирная земля — 25%;

3) глина порошкообразная (жирная) — 15%.

В примечании указано, что лучшей котельной гарью является гарь жирных донецких углей; растительная земля (желательно чернозем) должна быть просеяна через мелкое сито (10 мм), а глина высушена

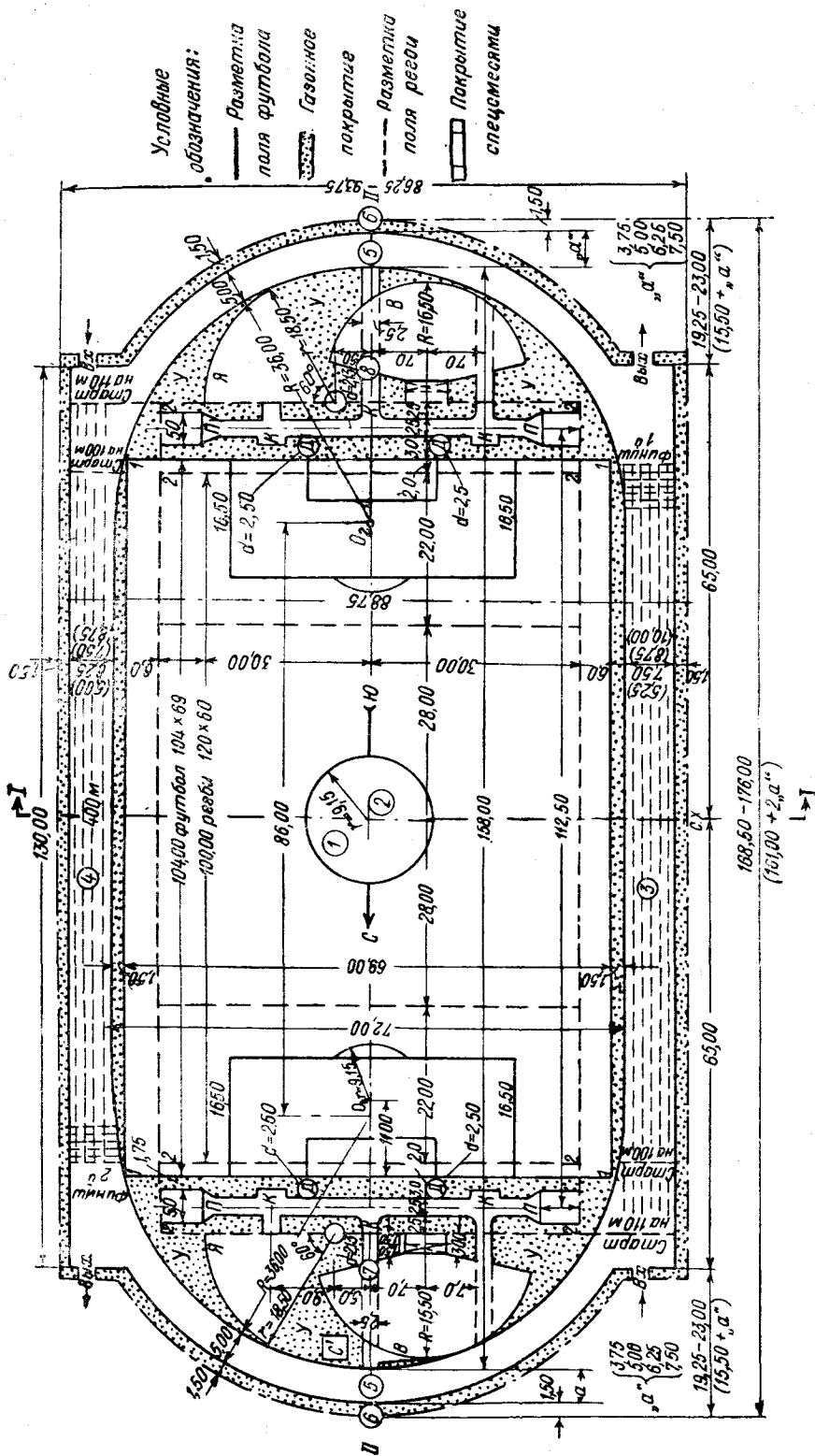


Рис. 3. Нормальное спортивное ядро СССР (план):

1 — футбольное поле 104 × 69 м; 2 — поле регби 120 × 60 м; 2-2 — линия ворот регби; 2-2 — торцевая линия регби; 3 — главная прямая беговая дорожка 130 м; 4 — вспомогательная прямая беговая дорожка; 5 — круговая беговая дорожка 400 м; 6 — предохранительная зона с барьером; 7 — северный сектор легкой атлетики; 8 — южный сектор легкой атлетики; Д — метание диска, $d = 2,5$ м; У — сектор толкания ядра; К — дорожка для метания колья, гранаты и мяча; В — сектор прыжков в высоту; П — дорожка для прыжков в длину; С7 — яма с волной для прыжков; П — место для участков соревнования; СХ — служебный ход; Вых — выход на стадион; I — I — малая ось стадиона; II — II — большая ось стадиона

на солнце и обязательно размельчена до порошкообразного состояния.

В 1939 г. была опубликована работа В. П. Поликарпова [31], впервые целиком посвященная искусственным покрытиям. В разделе о строении покрытия приведены данные, аналогичные типовому проекту. В. П. Поликарпов подробно изложил процесс производства работ по строительству искусственных покрытий, точно и четко указал последовательность всех операций, начиная от подготовки основания площадки, послойной укладки покрытия, кончая основными мероприятиями по созданию верхнего покровного слоя — специальной смеси. В разделе об искусственных смесях автор приводит таблицу процентного соотношения основных материалов без классификации их по гранулометрическому составу. Таблица аналогична тем, которые приводятся С. П. Зверинцевым в указанных выше работах.

В 1940 г. в учебнике институтов физической культуры [21] В. П. Поликарпов полностью повторил содержание своей предыдущей работы [31].

В 1943 г. отдел капитального строительства ВКФ и С в «Краткой инструкции № 1 по эксплуатации основных летних спортивных сооружений и их оборудованию» [19] привел описание строения типового школьного спортивного ядра — «большого школьного». Покрытие его двухслойное: нижний слой — щебенка 3 см, верхний слой — специальная смесь (земля 40%, песок 60%), толщина слоя 3 см. В инструкции дается нормальное строение легкоатлетической беговой дорожки, несколько отличной от беговой дорожки, приведенной в типовом проекте (иная толщина слоев и отсутствие в основании покрытия щебеночного дренажа).

Состав специальной смеси рекомендован в следующем соотношении: а) мелкая котельная гарь (до 7 мм) 3—4 части; б) растительная земля (сеяная) 5—6 частей; в) добавки (глина, песок, опилки и пр.) 1—2 части.

В 1944 г. В. П. Поликарпов опубликовал популярную брошюру «Школьные спортивные сооружения и типовые генпланы земельных участков школ» [32]. В разделе об искусственных покрытиях автор повторил основные положения, изложенные в «Краткой инструкции № 1 по эксплуатации основных летних спортивных сооружений и их оборудованию».

В учебнике для техникумов физической культуры [22], в главе, написанной С. В. Ефремовым, приведена известная классификация строения покрытий, разделенная на три типа: простейшие, облегченные и нормальные. Говоря о простейшем и облегченном типах покрытий, автор повторяет основные положения, высказанные С. П. Зверинцевым и В. П. Поликарповым. Характеризуя строение нормального типа, он оставляет ту же последовательность в чередовании слоев, что и в типовом проекте нормального спортивного ядра СССР, но дает другие мощности отдельных слоев и исключает поперечный уклон верхней части покрытия: а) нижний слой (шлак, щебенка, галька и др., крупность фракции от 3 до 4 см) толщиной 10—17 см; б) средний (первый) слой (те же материалы, что и для нижнего слоя) толщиной 5 см; в) средний (второй) слой (торф), толщина 3 см; г) верхний слой — специальная смесь — 7 см.

В основании покрытия С. В. Ефремов предлагает дренаж из труб.

Исходя из характера основных материалов, применяющихся для верхней части покрытия (специальные смеси), автор классифицирует

покрытия следующим образом: а) гарево-шлаковые; б) покрытия из молодого кирпича; с) кирпично-известковые; д) глино-песчаные; е) известковые; ж) покрытия из отходов кирпичных заводов.

При характеристике покрытий приводится процентное соотношение всех материалов, входящих в смесь (даны крайние пределы и среднее содержание каждого материала).

С. В. Ефремов впервые в советской литературе указывает на возможность придания большей «упругости» покрытию путем создания под нижним слоем (основанием) дополнительного слоя (из опилок, торфа, морской травы и т. д.) мощностью 15—20 см.

Иностранная литература по спортивным сооружениям довольно обширна, но она отражает главным образом архитектуру, вопросы строительства трибун, спортивных павильонов, планировку сооружений и в очень незначительной степени — покрытия площадок для легкоатлетического спорта. Никаких теоретических обоснований строения покрытий нет. Искусственные смеси для верхнего слоя площадок подбираются опытным путем. Если в нашей литературе (С. П. Зверинцев) еще в 1931—1932 гг. было введено понятие об оптимальных смесях, определен гранулометрический состав смесей нескольких наиболее значительных стадионов Москвы и Ленинграда и на основе этого выведен средний (оптимальный) состав, то в зарубежной литературе (Жоффе Р., Франция) только в 1945—1946 гг. было указано на роль гранулометрического состава специальных смесей, на их физико-механические свойства. В иностранных руководствах по спортивным сооружениям нет никаких сведений о характере пород, залегающих в основании той или иной конструкции, а о инженерно-геологических условиях районов сооружений даже и не упоминается. Те или иные удачные варианты покрытий и специальных смесей являются «секретом» отдельных частных фирм и компаний и недоступны для широкого применения.

На основании отзывов крупнейших спортсменов демократических стран (Э. Затопек, П. Чевона, И. Мойна и др.) о наших стадионах, а также утверждений советских спортсменов — участников многих крупнейших состязаний — можно сделать заключение, что ряд наших стадионов (Москва — «Динамо», Киев — Республиканский стадион и др.) имеет лучшие в Европе площадки для легкой атлетики.

Среди иностранной литературы в области искусственных покрытий для спортивных целей прежде всего следует отметить работу немецких инженеров К. Дим и С. Сойферт [43]. В ней приведен широко распространенный в Германии тип четырехслойного покрытия для легкоатлетических беговых дорожек: основание — крупный несортированный шлак (18 см); средний (второй) слой — сортированный шлак (12 см); средний (первый) слой — торф (3 см) и верхний слой — специальная смесь. Состав специальной смеси: высевки котельного шлака 50%, высевки шлака паровых котлов 10%, растительная земля 30%, глина 5% и песок речной 5%. Максимальная крупность шлака 5 мм. Гранулометрический состав смеси не определялся. В основании покрытия находится трубчатая дрена с глубиной заложения 65 см. Никаких данных о характере пород основания не приводится.

До 1940 г. в иностранной печати, главным образом в журналах, был опубликован ряд статей об искусственных покрытиях для легкоатлетического спорта. В этих статьях принципиально нового, отличного от того, что было опубликовано С. П. Зверинцевым, С. А. Нестеровым и В. П. Поликарповым, мы не находим. В них приводятся конструкции и составы специальных смесей, но совершенно отсутствуют сведения по геологии,

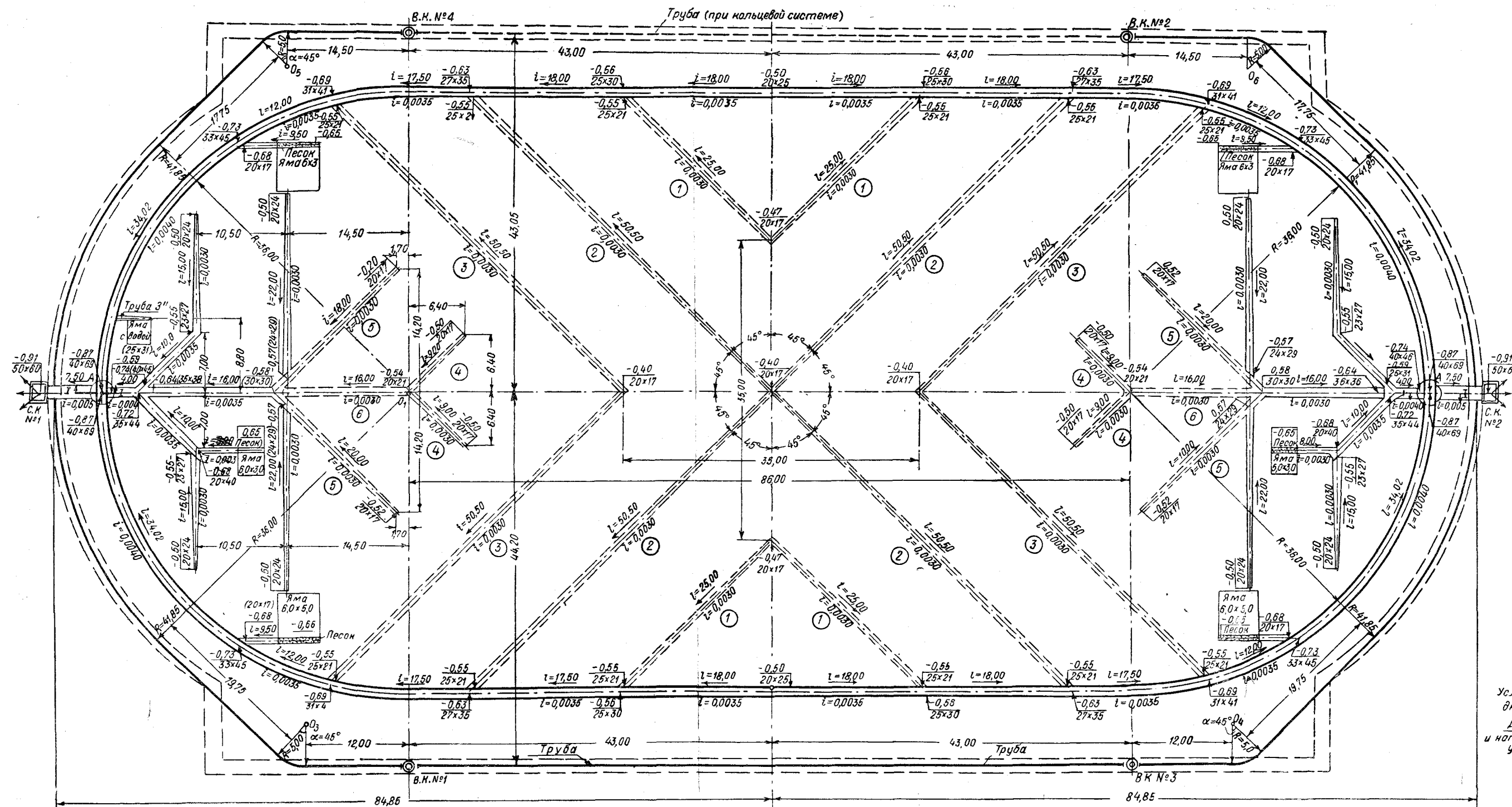
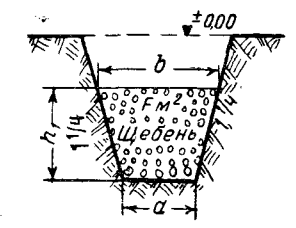


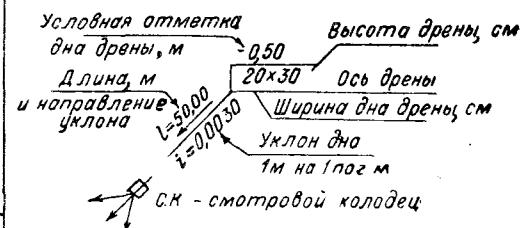
Таблица сечений дрен



а	h	б	Fm ²	Примечания
20	17	28	0,04	Покрывается дерном травой вниз
20	21	30	0,053	
20	22	31	0,056	Покрывается щебнем основания беговой дорожки
20	24	32	0,062	То же
20	40	40	0,120	То же
23	27	36	0,075	То же
23	28	37	0,084	То же
24	29	38	0,090	То же
25	21	35	0,064	Покрывается дерном
25	31	40	0,102	
27	35	45	0,125	Покрывается щебнем
31	41	50	0,164	основания
33	45	54	0,198	беговой
35	44	57	0,202	дорожки
40	46	63	0,237	
40	69	74	0,396	
50	60	80	0,390	Покрывается дерном 16 см

Сантиметры

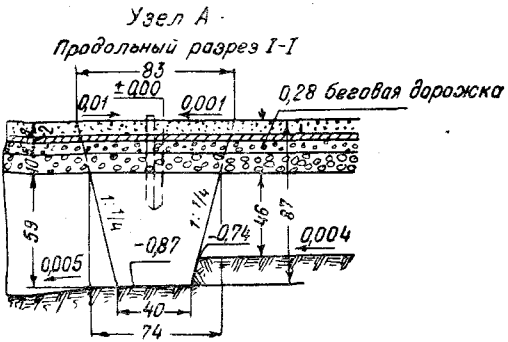
Условные обозначения:



Примечания:

1. За условную "нулевую" отметку принята поверхность беговой дорожки и внутренней обровки
2. Прокладка водопроводных труб под спартиадром на разрешается
3. При "радиальной" системе водопровода обязательно устройство колодцев №1 и №2 или №3 и №4

- Сборная кольцевая дрена
- Дрены секторов
- Дрены футбольного поля



Запорный кран в отапливаемом помещении (трибуна, раздевалка)

Рис. 5. План дренажной и водопроводной сети

климату и лишь в некоторых случаях указывается на уровень грунтовых вод.

Второй значительной работой является книга Ф. А. Вебстер [37], где описано строение площадок стадионов Лондона, Стокгольма, Америки и Германии. Принципиально нового в строении покрытий автор не дает.

В книге приведены примеры составов специальных смесей. На всех стадионах, за исключением Олимпийского стадиона в Берлине, основными составными частями смесей является шлак (60—75%), растительная земля, глина и в отдельных случаях известь (до 5%). Гранулометрический состав смесей не приводится.

В 1945—1946 гг. во французских журналах и спортивных газетах [44, 45, 46, 47] был опубликован ряд статей и докладов французского инженера Р. Жоффе о покрытиях площадок для легкой атлетики. Впервые в иностранной литературе автор обращает внимание на роль геологии и гидрогеологии в выборе типа покрытий и рекомендует следующий типичный, наиболее распространенный во Франции тип покрытий: а) основание — слой шлака (от 10 до 15 см), размер фракции от 20 до 80 мм; б) первый промежуточный слой — шлак (5 см), размер фракции от 6 до 20 мм; в) второй промежуточный слой — шлак (4 см), размер фракции от 3 до 6 мм; г) верхний слой — специальная смесь (6 см). В отличие от общепринятых материалов — шлака, растительной земли и глины — автор рекомендует вводить в смесь значительное количество гипса или извести. Он приводит два состава смеси, рекомендованных французской легкоатлетической федерацией: состав с содержанием гипса: 1) шлак 65%, 2) известь (растертая) 20%, 3) глина (растертая) 11%, 4) гипс (растертый) 4%; состав без содержания гипса: 1) шлак 68%, 2) известь 20%, 3) глина 12%.

В заключение автор лаконично отмечает, что желательно проделать гранулометрический анализ для определения пропорции составных частей. Данных о гранулометрическом составе и физико-механических свойствах автор не приводит.

* * *

Строительство спортивных сооружений в послевоенный период принимает все большие размеры. Наряду со стадионами-гигантами — стадионом имени С. М. Кирова в Ленинграде, Республиканским стадионом в Баку и др. — построены и строятся тысячи стадионов и спортивных площадок в колхозах, совхозах, в городах и рабочих поселках. Повзрослел уровень строительной техники, разработано много экономичных типовых проектов строительства. Наши стадионы стали красивыми и удобными. Они превратились в любимые места тренировки и отдыха советской молодежи. В связи с возросшими общими требованиями к строительству спортивных сооружений возросли требования и к качеству искусственных покрытий для легкоатлетического спорта. Но возросшим требованиям пока еще не соответствует процесс строительства покрытий, особенно методика подбора специальных смесей. В последнее время в практике подбора специальных смесей нашло место применение новых материалов — таких, как коксик, каменный уголь, отходы различных производств (силексикон, кирпичная мелочь и др.), но результаты применения этих новых материалов могли сыграть еще большую роль, если бы применялась иная, более обоснованная методика подбора смесей. Вопрос подбора будет решен не столько применением новых материалов, сколько новой, более обоснованной методикой составления специальных смесей.

III. ОБЗОР ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ ПО УКРЕПЛЕНИЮ ГРУНТОВ ДЛЯ ДОРОЖНОГО И АЭРОДРОМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Дорожные и аэродромные покрытия имеют некоторое сходство с покрытиями спортивных площадок. Большое число способов укрепления грунтов, используемых там, могут быть применимы и при постройке спортивных площадок.

Многочисленные наблюдения за естественными грунтами, применяемыми для различных покрытий, показывают, что лишь отдельные их разновидности обладают удовлетворительной несущей способностью в течение всего года при всех возможных в различные сезоны колебаниях влажности. К категории таких грунтов относятся, в частности, грубопесчаные супеси и гравелистые грунты. В большинстве случаев грунты сравнительно устойчивы лишь в продолжение сравнительно короткого времени года, когда в них содержится определенное количество влаги. Изменение влажности как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения от так называемых оптимальных пределов сильно снижает их устойчивость.

А. М. Кривисский указывает, что все мероприятия, связанные с искусственным укреплением грунта, направлены в основном на предотвращение вредного влияния на грунт сезонных изменений влажности, что сокращает (или вовсе исключает) период неустойчивости грунта.

Степень пригодности грунта, как строительного материала, определяется в первую очередь его физико-механическими свойствами, зависящими от влажности, гранулометрического, минералогического и химического составов тонкодисперсной части. Как указывает В. В. Охотин [15], большинство природных грунтов, используемых в качестве дорожно-строительного материала, не может быть непосредственно применено в дорожном и аэродромном строительстве. Это обстоятельство играет существенную роль и для искусственных грунтов, применяющихся в спортивных целях.

Теоретические и экспериментальные исследования В. В. Охотина, Н. Н. Иванова, М. М. Филатова, В. М. Безрук, А. И. Лысихиной и других советских ученых показали, что улучшение грунтов в основном проводится: 1) посредством введения в грунт фракций различной крупности; 2) введением в грунт различных связующих веществ, создающих дополнительные связи; 3) воздействием на глинисто-коллоидную часть грунта, являющуюся, как известно, наиболее активной его составляющей; 4) комплексным воздействием нескольких из перечисленных выше способов.

В дорожном и аэродромном строительстве наибольшее распространение получили следующие способы улучшения грунтов:

- 1) повышение устойчивости грунта путем введения в него гранулометрических добавок (создание так называемых оптимальных смесей);
- 2) закрепление грунта путем введения в него цемента;
- 3) закрепление грунта путем введения в него извести;
- 4) обработка грунта органическими вяжущими материалами (битумы, дегти и др.);
- 5) повышение устойчивости грунта путем введения в него торфа или других органических веществ, богатых гумусом;
- 6) закрепление грунта посредством силикатизации;
- 7) повышение устойчивости грунта путем обжига.¹

¹ Существует еще ряд способов закрепления грунтов, но их роль для настоящей работы второстепенна.

В практике создания искусственных покрытий для спортивных целей большинство из перечисленных выше способов улучшения грунтов должно найти самое широкое применение. Малоприменимыми для целей спортивного строительства являются способы закрепления цементом и силикатизация. Обжиг глин при устройстве простейших покрытий на колхозных и школьных стадионах должен найти свое применение.

Рассмотрим наиболее распространенные способы укрепления грунтов применительно к спортивному строительству.

1. Улучшение грунтов гранулометрическими добавками

Наблюдения за работой естественных грунтов на дорогах, аэродромах и спортивных площадках показали, что они наиболее отвечают требованиям эксплуатации при различных степенях влажности лишь в том случае, когда они ограничены узкими пределами гранулометрического состава и характеризуются строго определенными физико-механическими свойствами. В результате многочисленных опытных и теоретических исследований В. В. Охотиным и Н. Н. Ивановым [15] были разработаны основные положения для обоснования выбора состава таких грунтовых материалов.

Лучшими грунтами или их смесями с точки зрения условий их работы в покрытиях они считают грунты, имеющие мелкогравелистый или крупнопесчаный скелет, поры которого заполнены мелкопесчаными частицами, между зернами которых находятся пылеватые частицы. Вся эта система связана глинистым раствором, играющим роль цемента. При таком взаимоотношении отдельных различных по крупности частиц одновременно достигается и наибольшая плотность грунта.

В. В. Охотин [15], характеризуя физико-механические свойства грунтов, указывает, что они существенно зависят от гранулометрического состава и в первую очередь — от количества содержащихся в них глинистых частиц.

Изучение физико-механических свойств грунтов и многочисленные наблюдения за «эталонными» дорожными участками позволили В. В. Охотину подметить следующие основные закономерности улучшения грунта посредством гранулометрических добавок.

1. Количество глинистых частиц в грунте должно быть достаточным для обеспечения необходимой связности всех фракций в сухом состоянии и не должно содержаться в избытке в увлажненном состоянии.

Пределы содержания глинистых частиц в грунтах зависят от целого ряда факторов:

1) содержание глинистых частиц в дорожной одежде, состоящей из глины, пыли и песка, не должно быть меньше 5 и больше 15%;

2) в сыром климате, где дорожная одежда большую часть года находится во влажном состоянии, содержание глинистых частиц должно быть около 5%. В сухом климате нужно придерживаться верхней границы, но не превышать 10—15%;

3) крупность скелета грунта влияет на содержание глинистых частиц. В гравелистых грунтах содержание глинистых частиц должно быть снижено до 5—8%. В одежде гравийных дорог их еще меньше — от 3 до 5%;

4) все указанные выше пределы содержания глинистых частиц являются средними величинами и находятся в тесной зависимости от их природы и минералогического состава, степени дисперсности и состава обменных ионов. Количество глинистых частиц, при прочих равных условиях, определяется их физико-механическими свойствами. Для оптимальных смесей показатели физико-механических свойств приняты следующие:

число пластичности от 0,6 до 6, максимальное прилипание для песчано-глинистых смесей меньше 80 г/см^2 , сопротивление вдавливанию не меньше 22 кг/см^2 и сопротивление сжатию от 20 до 32 кг/см^2 .

2. Для устройства грунта имеют существенное значение не только глинистые частицы, но и скелет. Наибольшая устойчивость грунта будет в том случае, когда частицы (разной крупности), слагающие скелет, будут находиться в соотношении, дающем наименьшую пористость грунта.

Опытным путем было установлено:

1) Наименьшая пористость грунта будет в том случае, когда заполнитель имеет диаметр в 16 и более раз меньший диаметра заполняемой фракции и вес его составит $\frac{3}{7}$ от веса этой фракции. Если заполнитель в 4 раза меньше заполненной фракции, то для получения наименьшей пористости его нужно взять в количестве, равном $\frac{2}{3}$ веса заполняемой фракции. Знаменатель же отношения $\frac{2}{3}$ равен квадратному корню от знаменателя стношения $\frac{3}{7}$. При смешении фракций с отношением диаметров, равным 2, опытным путем трудно установить наилучшее соотношение заполнителя в заполняемой фракции, ибо пористость изменяется мало и колебание ее почти всегда лежит в пределах ошибки опыта.

2) Если знаменатель отношения весов фракции, относящихся друг к другу как 4 : 1, равен корню квадратному из знаменателя отношения весов фракции, относящихся как 16 : 1, то и в данном случае (т. е. при отношении фракции, равном 2) знаменателем отношения их весов можно принять квадратный корень из знаменателя отношений при фракциях с отношением диаметров 4 или корень 4-й степени при фракциях с отношением диаметров 16. Этот знаменатель отношения будет равен 0,81.

3) Наилучшей смесью в дорожной одежде будет такой грунт, в котором каждая последующая фракция по диаметру в 2 раза меньше предыдущей, а знаменатель отношения весов, или так называемый коэффициент сбега, равен 0,81.

4) При составлении смесей, представляющих непрерывный ряд фракций, допустимо отклонение от коэффициента сбега, равного 0,81, в сторону увеличения до 0,9 и в сторону уменьшения до 0,71.

3. Допустимые содержания основных групп фракций наиболее устойчивых смесей следующие:

песчаные частицы (2—0,25 мм)	70—40%
песчано-пылеватые (0,25—0,05 мм)	35—20%
пылеватые (0,05—0,005 мм)	20—6%
глинистые (меньше 0,005 мм)	15—5%

Грунты, отвечающие изложенным выше требованиям, называются оптимальными грунтами или смесями.

В аэродромном строительстве опытным путем установлены пределы состава оптимальных смесей (табл. 2).

Таблица 2

Фракция	Содержание, %	
	в районах нормально-го и недостаточного увлажнения	в районах избыточ-ного увлажнения
Песчаная (2—0,05 мм)	55—80	65—85
Пылеватая (0,05—0,005 мм)	15—35	10—30
Глинистая (меньше 0,005 мм)	6—14	3—10

Примерно такое же соотношение дают Г. В. Богомолов, Н. И. Николаев и др. в учебнике «Военная геология» [1].

Из практики аэродромного строительства установлено, что лучше работают смеси с крупнопесчаным скелетом. Наиболее устойчивые смеси получаются в том случае, когда в них содержится около 20% мелкого гравия (5—2 мм).

2. Закрепление грунта путем введения в него извести

Повышение свойств грунта как дорожно-строительного материала путем введения в него извести обосновано довольно большим числом экспериментальных и теоретических работ В. В. Охотина, М. М. Филатова, В. Яновского, В. М. Безрук и др.

Для обработки грунта обычно применяется гашеная известь в виде пушонки или известкового молока, иногда — негашеная известь (кипелка) в виде тонко размолотого порошка.

Закрепляющее действие извести основано, во-первых, на цементации главным образом мелких зерен грунта в процессе превращения извести под воздействием углекислоты, содержащейся в почвах и воздухе, в углекислый кальций, и, во-вторых, на возникновении явлений физико-химического характера — коагуляции тонкодисперсной фазы грунта и др., подобно тем явлениям, которые возникают в грунтах при введении цемента.

В результате исследования было установлено: 1) наиболее эффективны добавки извести в пределах 5—7% (по весу) в пересчете на СаО; 2) при введении извести в грунт существенным образом меняются его физико-механические свойства: понижается пластичность, уменьшается набухание, исчезает полностью липкость, значительно медленнее идет процесс размокания, повышается сопротивление грунта сжатию (почти в 2 раза) и, наконец, несколько повышается несущая способность грунта во влажном состоянии.

3. Обработка грунта органическими вяжущими материалами

При введении в грунт органических вяжущих материалов (битумы, дегти, смолы) происходит значительное изменение физико-механических свойств грунта.

Согласно теории М. М. Филатова, битуминозные вещества вступают во взаимодействие с тонкодисперсной частью грунта, образуя адсорбционные соединения, являющиеся «битум-глиной».

Битуминозный грунт представляет собой сетку, в которой находятся песчаные и пылеватые частицы, окруженные тонкими замкнутыми оболочками битумных материалов. При наличии глинистых частиц образуется агрегатно-пористое строение грунта, обладающее эластично-упругими свойствами, столь важными, например, для спортивных целей. Исследование битуминозно-глинистых грунтов показало, что от воды глина перестает набухать, а битум приобретает свойства пластичной массы.

В качестве органических вяжущих материалов чаще всего (например, в аэродромном строительстве) применяются битумы нефтяные, сланцевые, природные (редко), битумные (дегтевые) эмульсии, различные дегтевые материалы (каменноугольные, торфяные, древесные дегти и др.) и различные виды смол.

Не затрагивая характеристики физико-химических свойств различных марок битумных материалов, отметим, что наиболее применимыми

являются битумы, обладающие высоким показателем тягучести. Применение битумных материалов увеличивает сцепление в грунтах, повышает устойчивость размокания, снижает почти до нуля водопроницаемость и повышает несущую способность грунта при всех степенях влажности.

Наибольший эффект битумизации достигается в том случае, когда естественная или искусственная смесь грунтов по составу близка к оптимальным смесям.

Обработка грунтов вяжущими органическими материалами в практике дорожного и аэродромного строительства обычно производится следующими способами: а) поверхностной обработкой (эффективна на глубину 1,5—2,5 см); б) пропиткой (при наличии крупнозернистых грунтов возможна на глубину до 8 см); в) смешением на месте (на глубину до 10—15 см); г) смешением в специальных установках.

Наиболее применимым способом обработки грунта для целей спортивного строительства является пропитка или смешение на месте.

4. Повышение устойчивости грунта путем введения в него торфа и других органических веществ

Введение разложившихся органических веществ в песчаные почвогрунты значительно повышает их физико-механические свойства [29].

Лабораторными опытами В. В. Охотина, М. М. Филатова, М. М. Протодьяконова и др. было доказано, что добавки торфа, гумуса и прочих органических веществ к песчаным грунтам значительно уменьшают водопроницаемость, повышают устойчивость грунта при погружении его в воду и увеличивают сопротивление сжатию. Наилучшие результаты дает применение сильно разложившихся разновидностей торфа.

М. М. Филатов считает, что наиболее эффективны добавки 12—15% (по весу) разложившегося торфа (воздушно-сухого вещества) и 25—30% неразложившегося.

В. В. Охотин [29] отмечает, что введение в грунт торфа может быть сокращено до 1—2%, если одновременно с торфом добавлять электролит-хлорное железо, железный купорос, серноокислый или хлористый кальций в количестве 1—2% (по весу). Торф рекомендуется вводить в сыром состоянии, не высушивая до сухого порошка.

Таким образом, большинство способов укрепления грунтов, применяющихся в дорожном и аэродромном строительстве, должно быть применено в практике строительства покрытий для спортивных целей с учетом их специфики.

IV. ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИСКУССТВЕННЫХ ГРУНТОВ КРУПНЕЙШИХ СТАДИОНОВ СССР

Изучение верхнего слоя площадок для легкоатлетического спорта, так называемых «специальных смесей», проводилось в тесной связи с конструктивными особенностями всей толщи искусственных грунтов. При этом большое внимание уделялось грунтам, залегающим в основании искусственных покрытий.

Объектами наших исследований были избраны крупнейшие спортивные сооружения, расположенные в Европейской части СССР, на которых наиболее часто проводятся международные и всесоюзные соревнования по легкой атлетике. В число их вошли: ленинградский стадион ДСО «Медик», московские стадионы «Динамо» и «Сталинец», киевский стадион имени Н. С. Хрущева и харьковский стадион «Динамо». Кроме того, единичные исследования были проведены на стадионах городов Иванова, Киева, Харькова и Приозерска.

Отбор и анализ проб. С верхней части покрытия площадок каждого из стадионов было отобрано по 50—70 образцов грунта специальных смесей и 7—10 проб из средних и нижних слоев. Пробы специальных смесей были взяты в виде монолитов размером 20×12 см на всю мощность верхнего слоя покрытий. В момент отбора проб определялась влажность и проводилось макроскопическое описание образцов грунта. Образцы естественной влажности и ненарушенной структуры парафинировались и направлялись для лабораторных испытаний. Отбор проб приурочивался к моменту соревнований или тренировочной работы.

Пробы отбирались по сетке с учетом значимости отдельных частей искусственных покрытий. Расстояние между сечениями было принято равным 50 м, в пределах каждого сечения расстояние между пробами — 1,25—3,0 м.

Типичная схема расположения проб приведена на рис. 6.

Строение покрытий. Изучение строения искусственных покрытий спортивных площадок проводилось шурфами. Шурфы сечением $0,3 \times 0,4$ м были заданы на всю мощность слоя искусственных грунтов с небольшим заглублением в подстилающие породы. Число шурфов не превышало 15—20 на площадь стадиона. Породы, залегающие в основании искусственных грунтов, вскрывались также шурфами, но по более редкой сетке (8—10 шурфов на стадион). Глубина их не превышала 4 м (редко 8 м) и определялась уровнем грунтовых вод и характером пород. Сечение шурфов было принято равным от $0,6 \times 0,8$ до $0,9 \times 1,3$ м.

Число и местоположение шурфов в каждом отдельном случае определялось наличием отдельных площадок и их расположением в пределах спортивного ядра стадиона. План шурфов на спортивном ядре московского стадиона «Динамо» приведен на рис. 6.

По данным шурфов составлена табл. 3, характеризующая строение беговых дорожек крупнейших стадионов СССР и характер пород, залегающих в основании этих сооружений.

Изучение литологического состава пород и гидрогеологических условий района площадок стадионов показало, что искусственные покрытия залегают на самых различных породах — от лёссов до искусственных намывных грунтов и культурного слоя включительно. Уровень грунтовых вод также весьма различен и изменяется от 0,9 (Киев, Республиканский стадион имени Н. С. Хрущева) до 15—20 м (Харьков, стадион «Динамо»).

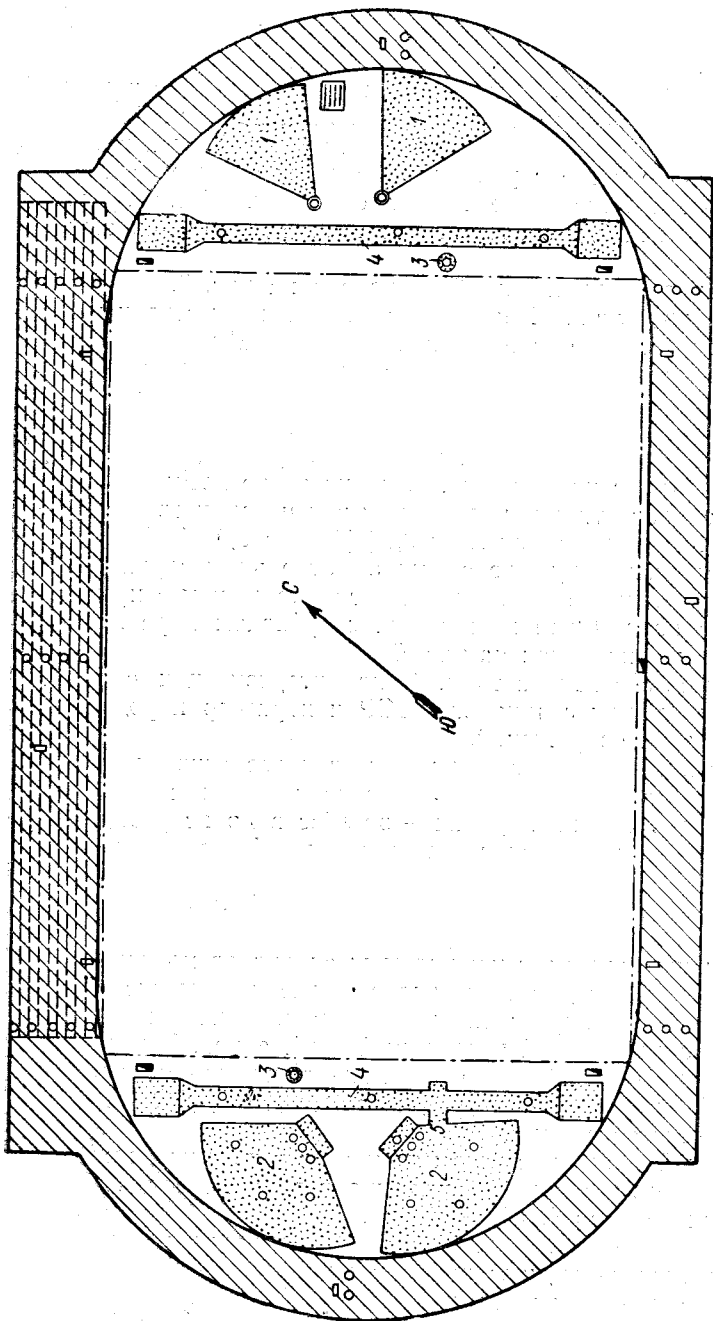
Искусственные покрытия рассматриваемых стадионов по характеру строения можно разделить на два типа: трехслойные и четырехслойные. Различие их в том, что в четырехслойных между верхним и нижним слоями находится не один средний переходный слой, а два. К трехслойным относятся покрытия московского стадиона «Динамо», Киевского стадиона имени Н. С. Хрущева и ленинградского стадиона ДСО «Медик». К четырехслойным — все остальные.

Мощность покрытий этих стадионов изменяется в довольно широких пределах — от 27 до 40 см и значительно отличается от типового проекта нормального спортивного ядра СССР (28 см).

Верхний слой покрытий (специальные смеси) представлен одноименной смесью и в большинстве случаев имеет толщину 8—10 см, и только на стадионе ДСО «Медик» в Ленинграде он равен 5—7 см.

Средний слой (первый) при четырехслойном типе покрытий представлен тонким пропластком торфа (2 см).

Средний слой (второй) в обоих типах покрытий слагается или из равномерногозернистого (Москва, «Динамо», Киев, имени Н. С. Хрущева), или разнородного шлака. Величина зерна шлака колеблется



У с л о в н ы е о б о з н а ч е н и я











- | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|--|---|---------------------------------------|
|  | Шурфы |  | Специальная смесь беговой дорожки |  | Специальное покрытие футбольного поля |
|  | Шурфы в границах беговой дорожки |  | Специальная смесь секторов легкой атлетики |  | Полы в секциях легкой атлетики |
|  | Пробы специальной смеси |  | Яма с водой для бега с препятствиями |  | Границы футбольного поля |
| | | | |  | Разметка беговой дорожки |

Рис. 6. План расположения шурфов и мест отбора проб специальных смесей на спортивном ядре московского стадиона «Динамо»:
 1 — сектор толкания ядра; 2 — сектор прыжков в высоту; 3 — круг для метания диска; 4 — дорожка для прыжков в длину; 5 — дорожки для метания копья

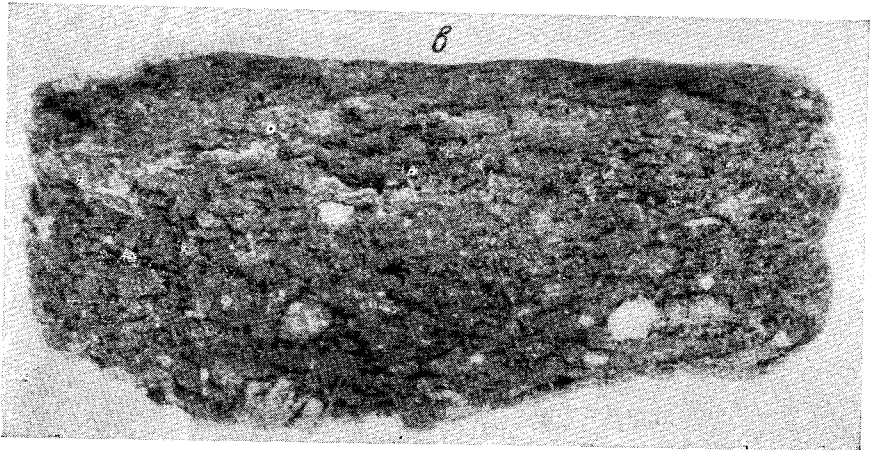
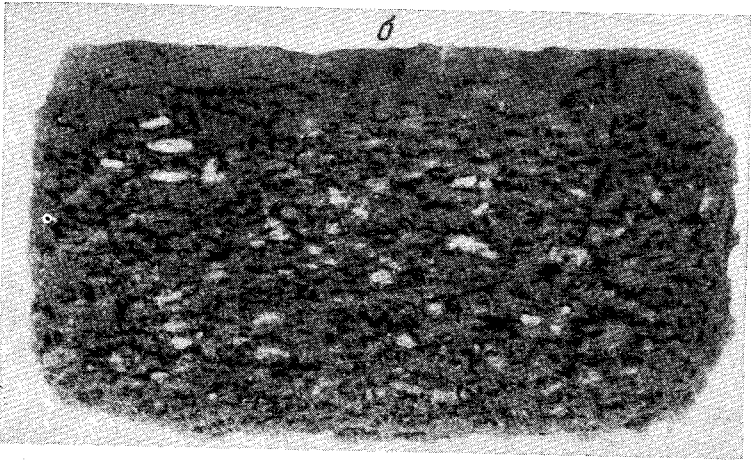
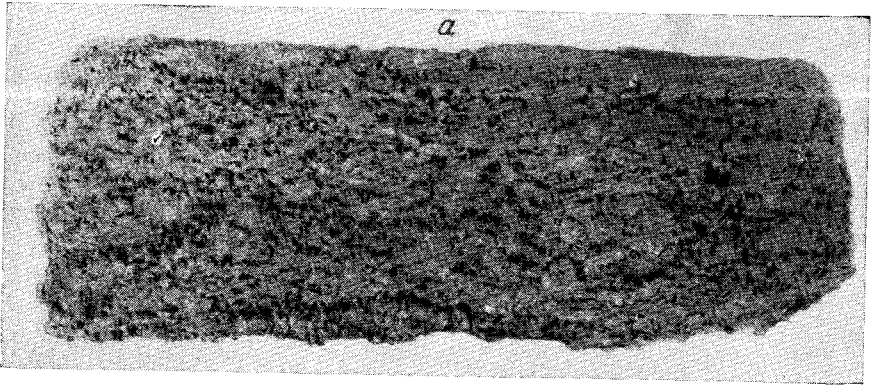


Рис. 7. Специальная смесь:

a — равномерное распределение глины и извести („Динамо“, Москва); *б* — глина и известь распределены в виде отдельных линз („Сталинец“, Москва); *в* — неравномерное распределение глины и извести („Медик“, Ленинград)

от 1 до 5 см. Толщина слоя также непостоянна и изменяется от 10 (стадион «Сталинец») до 20 см (стадион имени Н. С. Хрущева). Толщина среднего (второго) переходного слоя и его гранулометрический состав имеют важное значение в процессе работы всего покрытия. Средний слой покрытия воспринимает значительную часть общей нагрузки; сюда поступают избыточные порции ливневых вод, здесь весной и осенью наиболее активно происходят процессы промерзания и оттаивания грунта со всеми им присущими особенностями.

Нижний слой покрытия на всех стадионах, за исключением московского стадиона «Сталинец», слагается из кирпичной щебенки. Диаметр частиц от 4 до 8 см, иногда встречается кирпич «половняк» (ленинградский стадион ДСО «Медик», стадион имени С. М. Кирова). Толщина нижнего слоя 10—12, редко 14—15 см (стадион «Сталинец» и стадион имени С. М. Кирова).

Во всех случаях нижний слой покрытия сопряжен с кольцевой сборной дреной, расположенной под внутренней границей покрытия (бровкой беговой дорожки).

1. Физико-механические свойства специальных смесей

Верхний, рабочий слой искусственных покрытий для легкоатлетического спорта (беговые дорожки, дорожки для разбега в прыжках и метаниях, круги для метаний и толканий) состоит из смеси различных материалов и называется специальной смесью.

Исходными материалами для специальных смесей на исследуемых стадионах были: котельный шлак, растительная земля, глина и в незначительном количестве — гранулированный кокс («коксик»), каменный уголь и строительные высевки. В процессе эксплуатации систематически вводилась гашеная известь (при разметке беговых дорожек). Исходя из рода материалов и назначения, специальные смеси можно именовать искусственными грунтами для целей спортивного строительства.

Процентное соотношение исходных материалов смесей в настоящий момент установить очень трудно, ибо после сдачи покрытия в эксплуатацию почти ежегодно вводились различные грунтовые добавки.

Внешние признаки, сложение и строение специальных смесей. Специальные смеси, главной составной частью которых является котельный шлак, представляют собой грунт монолитного сложения, в котором отчетливо наблюдаются включения зерен размером от едва различимых невооруженным глазом до 5—7 мм в диаметре. В большинстве случаев пласт специальной смеси можно разделить на две части — верхнюю и нижнюю. Верхняя часть (1—1,5 см) более мелкозернистая, рыхлая, при высыхании пылеватая. Нижняя часть плотная, монолитная, более грубозернистая. Такое разделение происходит в результате непрерывного механического воздействия, а также под действием атмосферных агентов. Верхняя часть пласта специальных смесей представляет собой своеобразную «кору выветривания» покрытий.

Иногда в общей однородной массе специальной смеси встречаются отдельные включения глины и извести. Включения глины, как правило, имеют форму линзочек, ориентированных параллельно напластованию покрытия. Такие включения являются результатом недостаточного смешения исходных материалов смеси (московский стадион «Сталинец», рис. 7).

Стадион	Литологическая характеристика пород, залегающих в основании площадки	Уровень грунтовых вод от поверхности земли, м	Тип покрытия	Общая мощность покрытия, см
Им. С. М. Кирова, Ленинград (проект)	Искусственные (намывные) грунты—пески пылеватые (2—2,5 м), залегающие на послеледниковых песках и супесях	На осень 1950 г. 1,80 На осень 1951 г. 1,65	Четырех- слойное	35
ДСО „Медик“, Ленинград	Пески и супеси послеледниковые (2,8—4,8 м), залегающие на ленточных глинах	На осень 1951 г. 1,60—1,70	Четырех- слойное	27
„Динамо“, Москва	Суглинки валунные с включениями гальки и гравия (6—8 м)	На осень 1949 г. в северо-восточной части 2,39; в юго-западной—ниже 8	Трех- слойное	36
ДСО „Сталинец“, Москва	Пески и супеси древнеаллювиальные (2—3 м), залегающие на валунных суглинках (10—12 м)	На осень 1949 г. 1,80—1,90	Четырех- слойное	36
Им. Н. С. Хрущева, Киев	Культурный слой: в южной части площадки—пески и супеси средними включениями строительного мусора; в северной и западной частях—значительные скопления бытового и строительного мусора с подчиненным содержанием песков и суглинков. Мощность культурного слоя 0,5—3 м, ниже залегают аллювиальные супеси	На осень 1949 г. в южной части площадки 0,9—1,0; в северо-западной—1,5—1,65	Трех- слойное	40
„Динамо“, Харьков	Суглинки лёссовидные (больше 5 м)	Ниже 15	Четырех- слойное	35
Типовой проект нормального спортивного ядра СССР	Любые породы, исключая жирные глины	Ниже 1	Четырех- слойное	28

Послойная характеристика покрытия

верхний слой — специальные смеси		средний слой (первый)		средний слой (второй)		нижний слой	
составные части смеси	мощность, см	род материала	мощность, см	род материала	мощность, см	род материала	мощность, см
1. Кирпич молотый 2. Строительные высевки 3. Глина	8	Торф	2	Кирпичная щебенка	10	Кирпичная щебенка крупная (кирпич „половняк“ два слоя)	15
1. Котельный шлак 2. Растительная земля 3. Глина 4. Строительные высевки	5—7	—	—	Котельный шлак (разнозернистый) $d=1-4$ см	10—12	Кирпичная щебенка $d=5-8$ см (часто кирпич „половняк“)	8—10
1. Котельный шлак 2. Каменный уголь 3. Растительная земля 4. Глина	8—10	—	—	Котельный шлак однозернистый $d=1-2$ см (редко 3—4 см)	14	Кирпичная щебенка $d=5-7$ см	12
1. Котельный шлак 2. Растительная земля 3. Глина	8—10	Торф	2	Котельный шлак (разнозернистый) $d=1-5$ см	10	Шлак металлургических заводов, слитки размером $10 \times 30 \times 80$ см	14
1. Котельный шлак 2. Растительная земля 3. Глина	10	—	—	Котельный шлак однозернистый $d=1-2$ см (редко до 5 см)	20	Кирпичная щебенка $d=2-7$ см	10
1. Котельный шлак 2. Кокс (коксик) 3. Растительная земля 4. Глина	8—10	Торф	2	Котельный шлак однозернистый $d=1-3$ см	13	Кирпичная щебенка $d=2-5$ см (редко 7—8 см)	10
1. Мелкие высевки котельной гари с зернами от 5,0 до 6,0 мм 60% 2. Растительная жирная земля 25% 3. Глина порошкообразная (жирная) 15%	8	Торф	2	Котельный шлак	8	Щебенка (кирпичная) $d=4$ см	10

Окраска специальных смесей зависит от окраски исходных материалов, главным образом шлака. Чаще всего они имеют темносерый цвет, иногда (от примеси извести) более светлый. Строительные высевки придают смесям грязнокирпичный оттенок, более светлый в сухом состоянии и темный при увлажненности.

О структурных и текстурных особенностях специальных смесей в том понятии, которое вкладывается в них в грунтоведении В. В. Охотиным и В. А. Приклонским, говорить очень трудно. Рассматривая расположение и взаимоотношение отдельных зерен и агрегатов зерен специальной смеси, данную породу можно отнести по типу структуры к промежуточной между плотной раздельно-зернистой и агрегатной. Наряду со значительным количеством гравийных и песчаных частиц (до 60—70%), характерных для раздельно-зернистых структур, в смеси имеется значительное количество пылеватых и глинистых частиц, которые при активном участии извести и гумуса способны в ряде случаев создавать более крупные и сложные агрегаты.

Вещественный состав специальных смесей. Характеризуя вещественный состав специальных смесей, необходимо прежде всего отметить их гранулометрический состав (рис. 8, табл. 4). Его роль в определении качественной характеристики смесей — одна из главных.

Как показывают данные табл. 4, соотношение основных фракций специальных смесей изменяется в довольно широких пределах. Так, среднее содержание глинистых частиц колеблется от 5,2 до 10%, пылеватых — от 15 до 23%, песчаных — от 50 до 59% и гравийных — от 17 до 24%.

Наибольшее отклонение от среднего содержания фракции в сторону максимального и минимального имеют специальные смеси стадионов «Медик» и «Сталинец». На стадионе «Медик» содержание глинистых частиц по отдельным пробам изменяется от 3,1 до 6,3%, пылеватых — от 9,5 до 19,8%, гравелистых от 14,9 до 28,4%, и только количество песчаных частиц имеет несколько меньшие пределы колебаний (от 51,6 до 69,0%).

Во втором случае на стадионе «Сталинец» наиболее значительные отклонения от среднего содержания наблюдаются в фракции гравелистых частиц — от 7,6 до 24,8%.

Следует особо отметить весьма неравномерное распределение глинистых и пылеватых фракций в смесях стадионов «Сталинец» и «Динамо» в Харькове. В общей массе смесей этих стадионов глина не рассеяна равномерно, как это наблюдается, например, на московском стадионе «Динамо», а сосредоточена в виде отдельных линзочек и комочков (см. рис. 7).

Как показывают графики рассеивания (рис. 8), гранулометрический состав специальной смеси московского стадиона «Динамо» выделяется среди других тем, что средние значения содержания основных фракций его специальной смеси занимают промежуточное положение; отклонения от среднего содержания в сторону максимума и минимума по всем фракциям отдельных проб минимальны.

В результате изучения гранулометрического состава специальных смесей было установлено:

а) среди глинистых фракций преобладают частицы с диаметром больше 0,001 мм;

б) среди пылеватых фракций преобладают частицы с диаметром от 0,05 до 0,01 мм;

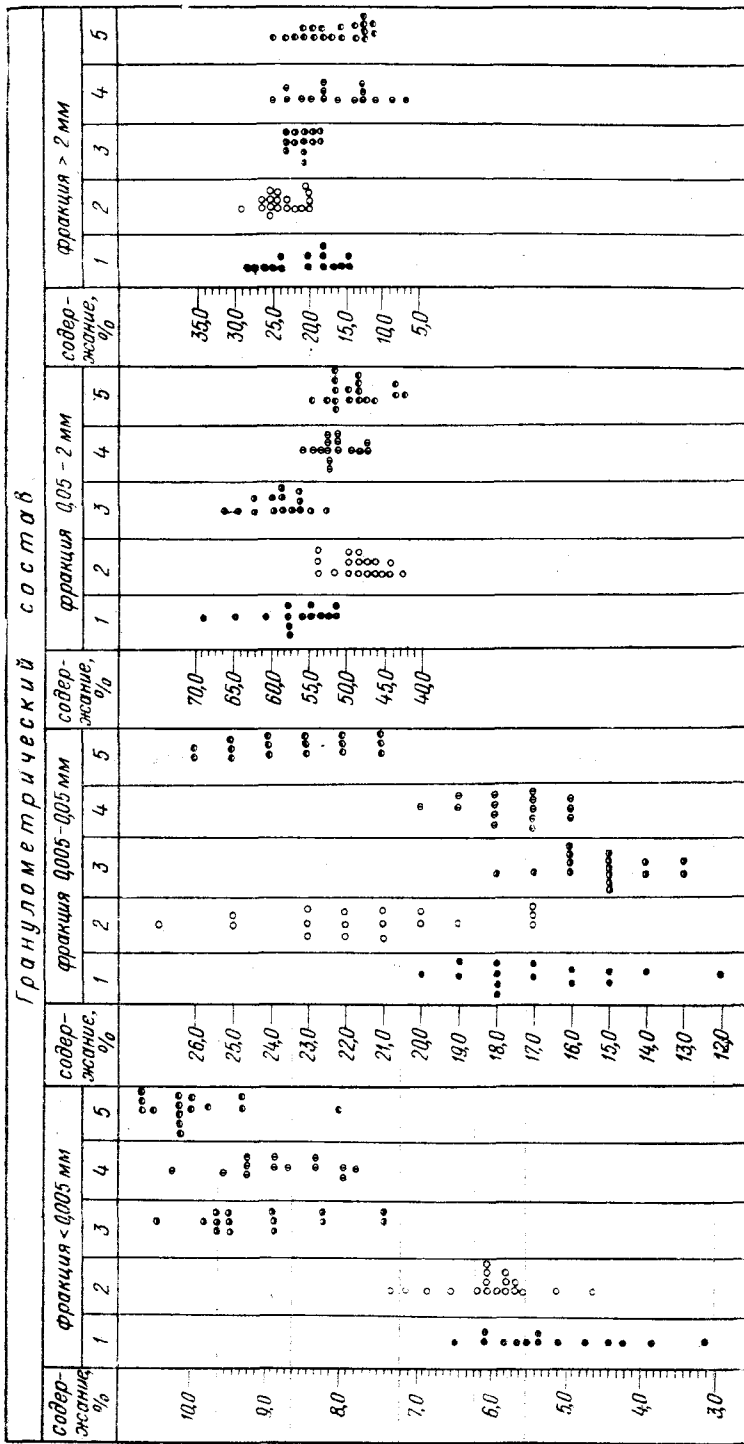


Рис. 8. Рассеяние фракций глины, песка и гравия по данным отдельных проб специальных смесей:
 1 — «Мелик», Ленинград; 2 — «Динамо», Москва; 3 — «Сталинец», Москва; 4 — им. Н. С. Хрущева, Киев; 5 — «Динамо», Харьков

Таблица 4

Стадион	Значение	Содержание фракции, %				Количество исследуемых проб	Примечание
		7-2	2-0,05	0,05-0,002	<0,002		
„Медик“, Ленинград	Максимальное	28,4	69,0	19,8	6,3	16	В составе скелета смеси шлак
	Минимальное	14,9	51,6	9,5	3,1		
	Медианное	20,0	57,8	17,0	5,2		
„Динамо“, Москва	Максимальное	28,7	54,4	27,2	7,2	18	То же
	Минимальное	20,6	43,4	16,6	4,5		
	Медианное	24,0	49,0	21,0	5,9		
„Сталинец“, Москва	Максимальное	24,8	66,9	17,6	9,2	16	" "
	Минимальное	7,6	53,3	12,6	7,3		
	Медианное	17,0	59,0	15,0	9,0		
Им. Н. С. Хру- щева, Киев	Максимальное	23,1	56,3	20,3	11,5	16	" "
	Минимальное	17,3	48,3	16,2	7,7		
	Медианное	21,0	53,2	17,0	8,8		
„Динамо“, Харьков	Максимальное	24,7	54,8	26,3	12,4	18	" "
	Минимальное	12,3	43,5	21,2	7,4		
	Медианное	17,0	50,0	23,0	10,0		
„Спартак“, Выборг	Максимальное	34,7	52,8	23,9	5,2	10	В основе скелета смеси кирпич
	Минимальное	13,8	41,7	18,4	3,3		
	Медианное	27,0	48,0	20,8	4,2		
„Динамо“, (1-е поле), Ленинград	Среднее	18,0	58,5	19,5	4,0	Одна проба весом 5 кг	В основе скелета смеси шлак
„Динамо“, (2-е поле), Ленинград	"	29,5	47,3	18,9	4,3	То же	То же
„Буревестник“, Ленинград	"	19,7	47,3	28,7	4,3	" "	" "
„Искра“, Ленинград	"	22,5	55,7	18,0	3,8	" "	" "
Лесотехни- ческая акаде- мия, Ленинград	"	14,7	63,5	18,0	3,8	" "	" "
„Динамо“ Киев	"	27,5	51,5	15,2	5,8	" "	" "
„Дзержинец“, Харьков	"	8,5	62,7	17,0	11,8	" "	" "
„Красное знамя“, Иваново	"	20,9	43,0	28,1	8,0	" "	" "
Городской ста- дион, Приозерск	"	20,3	59,2	17,9	2,6	" "	В основе скелета смеси окатанная галька

в) среди песчаных фракций преобладают частицы с диаметром от 0,5 до 0,25 мм;

г) среди гравелистых фракций преобладают частицы с диаметром от 2 до 3 и от 3 до 5 мм;

д) фракция 0,05—2,0 мм больше или равна сумме всех фракций смеси.

Данные гранулометрического состава специальных смесей других стадионов (единичные анализы валовых, средних проб) показывают, что они в общих чертах довольно близки по составу к специальным смесям крупнейших стадионов СССР. Их отличительной особенностью является несколько пониженное содержание глинистых фракций. В двух случаях (Ленинград — «Буревестник», Иваново — «Красное знамя») имеется значительное отклонение в содержании пылеватых фракций. На стадионах «Дзержинец» (Харьков), «Красное знамя» (Иваново) и Лесотехническая академия (Ленинград), глина, так же как и в специальных смесях стадионов «Сталинец» и «Динамо» (Харьков), не рассеяна равномерно, как этого требуют технические условия, а сконцентрирована в виде линз и комочков.

Треугольная диаграмма гранулометрического состава специальных смесей пятнадцати стадионов Советского Союза (рис. 9) показывает пределы содержания фракции глины, пыли, песка и гравия. На ней отчетливо видно, что в смесях стадионов Киева и Харькова, где климат характерен умеренным количеством среднегодовых осадков и несколько повышенными среднегодовыми температурами, содержится несколько увеличенное количество глинистых фракций по сравнению со специальными смесями стадионов Ленинграда, климатическая характеристика которых несколько иная (повышенное количество осадков и более низкая среднегодовая температура).

На диаграмме рис. 10 дана характеристика пределов гранулометрического состава специальных смесей пяти крупнейших стадионов СССР. Многоугольник, ограничивающий пределы содержания смесей, характерен следующими данными: количество глинистых частиц от 4,0 до 11,0%; пылеватых — от 12 до 26%; песчаных и гравелистых от 3 до 8,5%.

Согласно классификации гравелистых грунтов, предложенной Н. Н. Ивановым [15], специальные смеси в основной массе относятся к гравелистым супесям и только отдельные разности (Харьков, «Динамо») — к гравелистым суглинкам.

Изучение минерального состава специальных смесей проводилось в значительно меньших размерах, чем гранулометрического. Было проанализировано по 5—6 проб с каждого стадиона. Необходимость исследования минерального состава специальных смесей, особенно их тонкодисперсной части, вполне очевидна. Тонкодисперсная часть в значительной степени определяет физико-механические свойства смесей. Минеральный состав гравелистых фракций (2—7 мм) смесей приведен в табл. 5.

Как следует из таблицы, основная часть гравелистых фракций специальной смеси представлена шлаком, и только в двух случаях имеется примесь каменного угля («Динамо», Москва) и гранулированного кокса («Динамо», Харьков).

Минеральный состав фракции 0,1—2,0 мм, приведенный в табл. 6, заметно отличается от состава гравелистых фракций. В этой фракции в значительных количествах (30—48%) присутствует кварцево-юлевошпатовая группа, увеличено содержание извести (3—8%) и уменьшено количество шлака до 41—61%.

Стадион	Минеральный состав фракции 2-7 мм, %					Число анализов
	шлак	кирпич	каменный уголь	гранулированный кокс („кокстик“)	гашеная известь	
„Медик“, Ленинград	89,0	8	—	—	3	5
„Динамо“, Москва	94,2	Следы	5	—	0,8	5
„Сталинец“, Москва	98,0	1	—	—	0,5	5
Им. Н. С. Хрущева, Киев	99,0	0,5	—	—	0,5	5
„Динамо“, Харьков	93,0	Следы	—	6	1,0	5

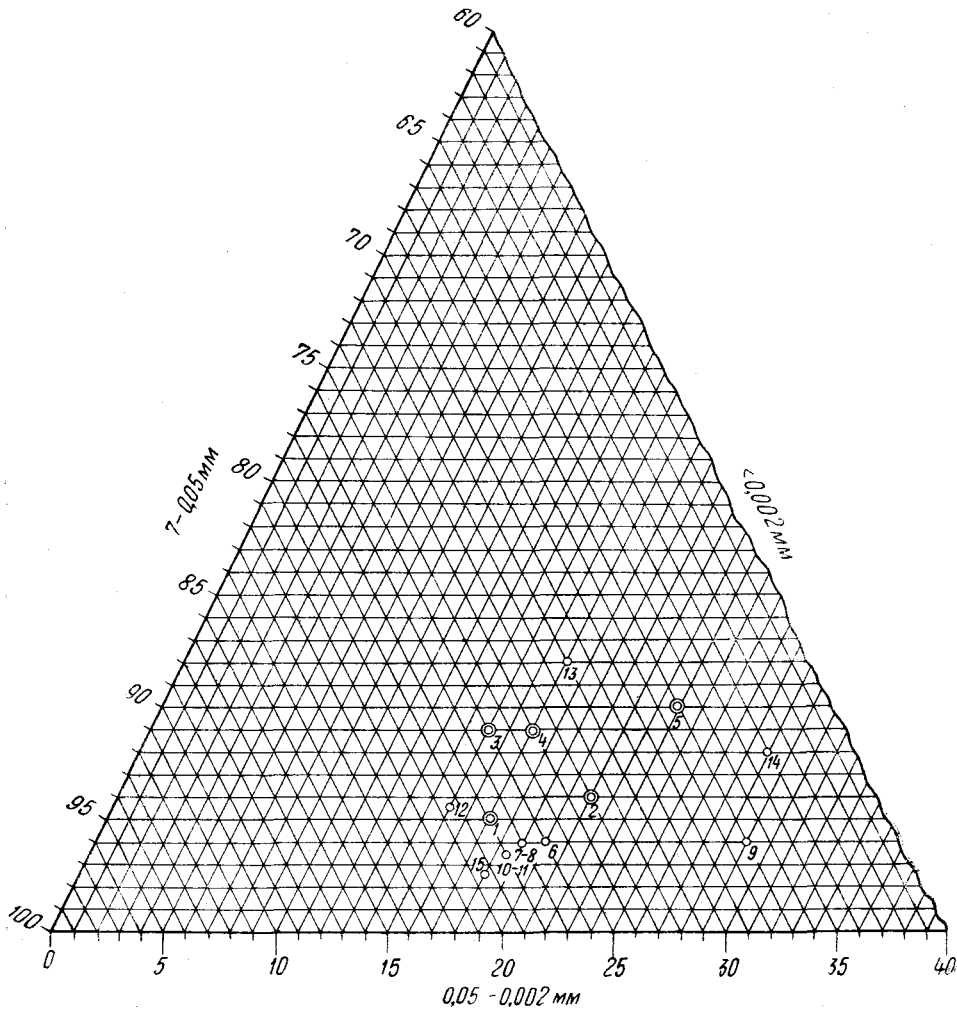


Рис. 9. Гранулометрический состав специальных смесей стадионов СССР:
 1 — „Медик“, Ленинград; 2 — „Динамо“, Москва; 3 — „Сталинец“, Москва; 4 — им. Н. С. Хрущева, Киев;
 5 — „Динамо“, Харьков; 6 — „Спартак“, Выборг; 7 — „Динамо“, Ленинград (1-е поле); 8 — „Динамо“, Ленинград (2-е поле); 9 — „Буревестник“, Ленинград; 10 — „Искра“, Ленинград; 11 — Лесотехническая академия, Ленинград; 12 — „Динамо“, Киев; 13 — „Дзержинец“, Харьков; 14 — „Красное знамя“, Иваново;
 15 — Городской стадион, Приозерск

Стадион	Минеральный состав фракции 0,1—2,0 мм, %						Число анализов
	шлак	кирпич	каменный уголь	гранулированный кокс („коксих“)	гашеная известь	кварц и полевые шпаты	
„Медик“, Ленинград	47—50	5—7	—	—	5—6	До 40	10
„Динамо“, Москва	55—63	1—2	5—10	—	5—8	„ 30	10
„Сталинец“, Москва	41—46	3—5	—	—	5—6	45—48	10
Им. Н. С. Хрущева, Киев	59—61	1—3	—	—	3—4	До 35	10
„Динамо“, Харьков	41—48	1—2	—	6—8	5—9	„ 40	10

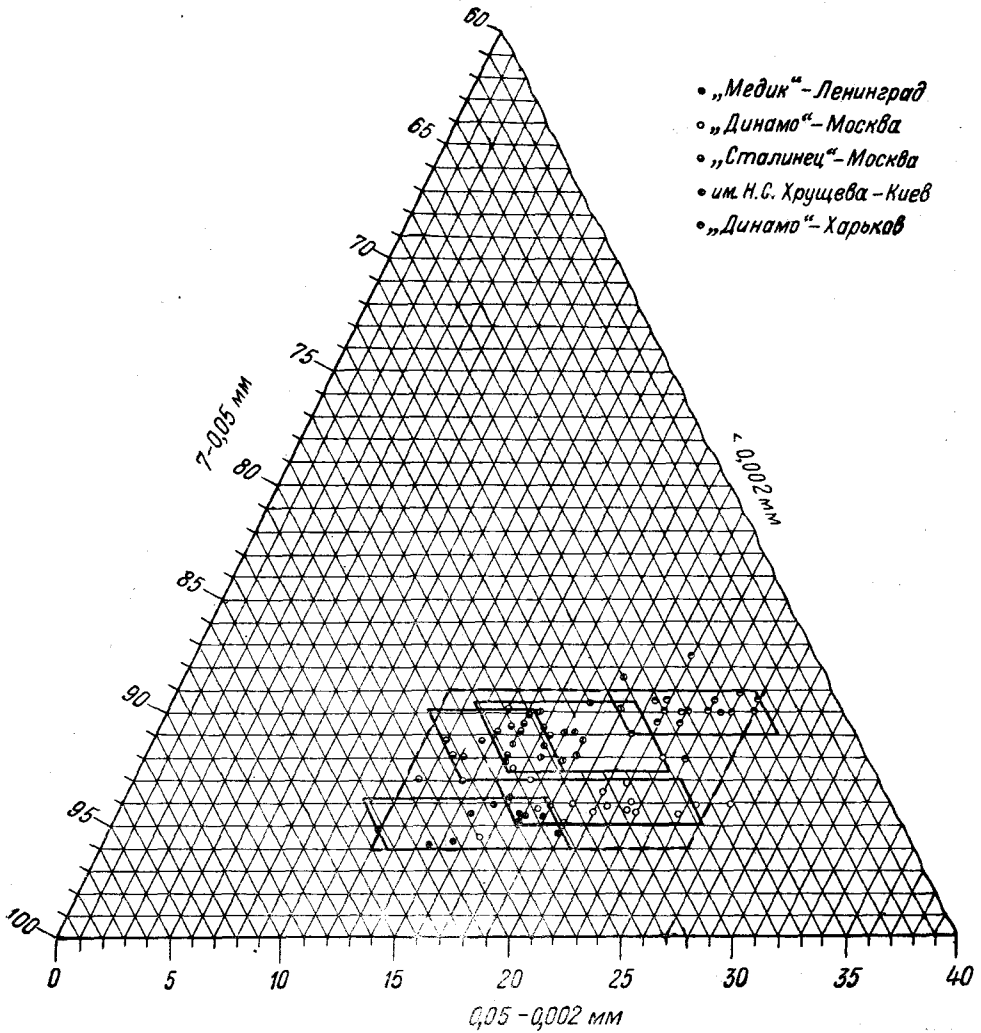


Рис. 10. Пределы гранулометрического состава специальных смесей пяти крупнейших стадионов СССР

Минеральный состав фракции больше 0,002 мм определялся рентгенометрическим методом (табл. 7).

Таблица 7

Стадион	Минеральный состав
„Медик“, Ленинград	Иллит и кварц (5—10%)
„Динамо“, Москва (главная стометровая прямая)	Монтмориллонит и кальцит (15—20%)
„Динамо, Москва	Иллит, кварц (10—15%) кальцит (5—10%)
„Сталинец“, Москва	Иллит и кварц (10—15%)
Им. Н. С. Хрущева, Киев	Монтмориллонит и неопределенные примеси
„Динамо“, Харьков	Иллит и кварц (10—15%)

Как следует из табл. 7, глинистая часть смесей в основном представлена иллитом и кварцем. В двух случаях встречается монтмориллонит и кальцит. Присутствие монтмориллонита в смесях московского стадиона «Динамо» и киевского стадиона имени Н. С. Хрущева бесспорно оказывает огромное влияние на их свойства. Как указывает В. А. Приклонский [35], наличие монтмориллонита допускает искусственное воздействие на свойства пород, в частности на такие, как водопроницаемость, набухаемость, сжимаемость и т. п. Монтмориллонит обладает наивысшей адсорбционной способностью из всех глинистых минералов.

Глинистая часть смесей ленинградского стадиона «Медик» и московского стадиона «Сталинец» менее активна, в меньшей мере гидрофильна, наличие тонкодисперсного кварца, близкого по физико-техническим свойствам к каолиниту, значительно снижает свойства смеси в целом.

На физико-механические свойства смесей некоторое влияние оказывает присутствие в них гумуса. Его содержание (табл. 8) в смесях примерно одинаково и только в грунтах московского стадиона «Динамо» несколько повышено.

Таблица 8

Стадион	Содержание гумуса. %
„Медик“, Ленинград	3
„Динамо“, Москва	До 4
„Сталинец“, Москва	2
Им. Н. С. Хрущева, Киев	2
„Динамо“, Харьков	3

При определении количества воднорастворимых соединений было сделано около 100 анализов. Определение этих соединений, существенным образом влияющих на физико-механические свойства пород, является очень важным. Пределы изменения количества воднорастворимых соединений в фракции больше 2 мм приведены в табл. 9 и на рис. 11.

Стадион	Значение	Содержание воднорастворимых	Число определений
„Медик“, Ленинград	Максимальное	12,3	16
	Минимальное	4,0	
	Медианное	6,9	
„Динамо“, Москва	Максимальное	6,4	18
	Минимальное	4,5	
	Медианное	5,3	
„Сталинец“, Москва	Максимальное	7,0	16
	Минимальное	1,7	
	Медианное	4,2	
Им. Н. С. Хрущева, Киев	Максимальное	5,0	16
	Минимальное	1,9	
	Медианное	2,5	
„Динамо“, Харьков	Максимальное	6,0	18
	Минимальное	2,9	
	Медианное	5,0	
„Спартак“, Выборг	Максимальное	4,6	10
	Минимальное	0,6	
	Медианное	1,6	
„Динамо“ (1-е поле), Ленинград	Единичное	1,2	1
„Динамо“ (2-е поле), Ленинград	„	3,0	1
„Буревестник“, Ленинград	„	5,3	1
„Искра“, Ленинград	„	8,2	1
Лесотехническая академия, Ленинград	„	8,1	1
„Динамо“, Киев	„	8,2	1
„Дзержинец“, Харь- ков	„	4,6	1
„Красное знамя“, Иваново	„	2,8	1
Городской стадион, Приозерск	„	2,8	1

Как следует из таблицы, содержание воднорастворимых в смесях пяти крупнейших стадионов Советского Союза несколько отличается друг от друга. Наибольшие значения характерны для смеси ленинградского стадиона «Медик», наименьшие — для киевского стадиона имени Н. С. Хрущева.

2. Физические свойства специальных смесей

Объемный вес специальных смесей определялся по образцам естественной структуры и влажности. Для тех же образцов производились определения удельного веса. Результат определений удельного и объемного весов специальных смесей приведен на рис. 12 и табл. 10. В первом случае показаны результаты всех единичных анализов, во втором — предельные¹ и медианные значения этих показателей.

¹ Предельные значения даны с исключением на 10% минимальных и максимальных показателей.

Как следует из приведенных данных, среднее медианное значение удельного веса равно 2,35—2,41. Значительные отклонения удельного веса от средних медианных значений («Медик», Ленинград) указывают на неоднородность состава специальных смесей.

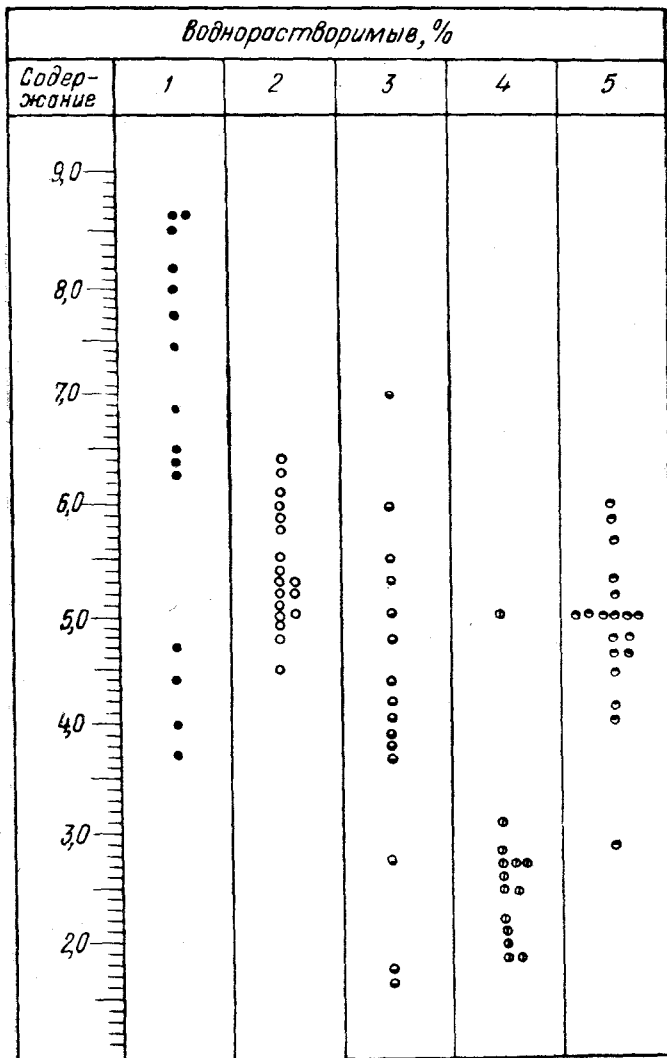


Рис. 11. Содержание воднорастворимых соединений по отдельным пробам специальных смесей:
 1 — «Медик», Ленинград; 2 — «Динамо», Москва; 3 — «Сталинец», Москва;
 4 — имени Н. С. Хрущева, Киев; 5 — «Динамо», Харьков

Значения объемного веса специальных смесей и их скелета показывают, что смеси имеют сравнительно невысокую и неодинаковую плотность. Наибольшей плотностью обладают смеси московского стадиона «Динамо», наименьшей — стадиона «Сталинец».

Пористость является одним из важных физических свойств специальных смесей. Она подтверждает сравнительно невысокую плотность специальных смесей. Результаты определения пористости и коэффициента пористости приведены на рис. 13 и табл. 11.

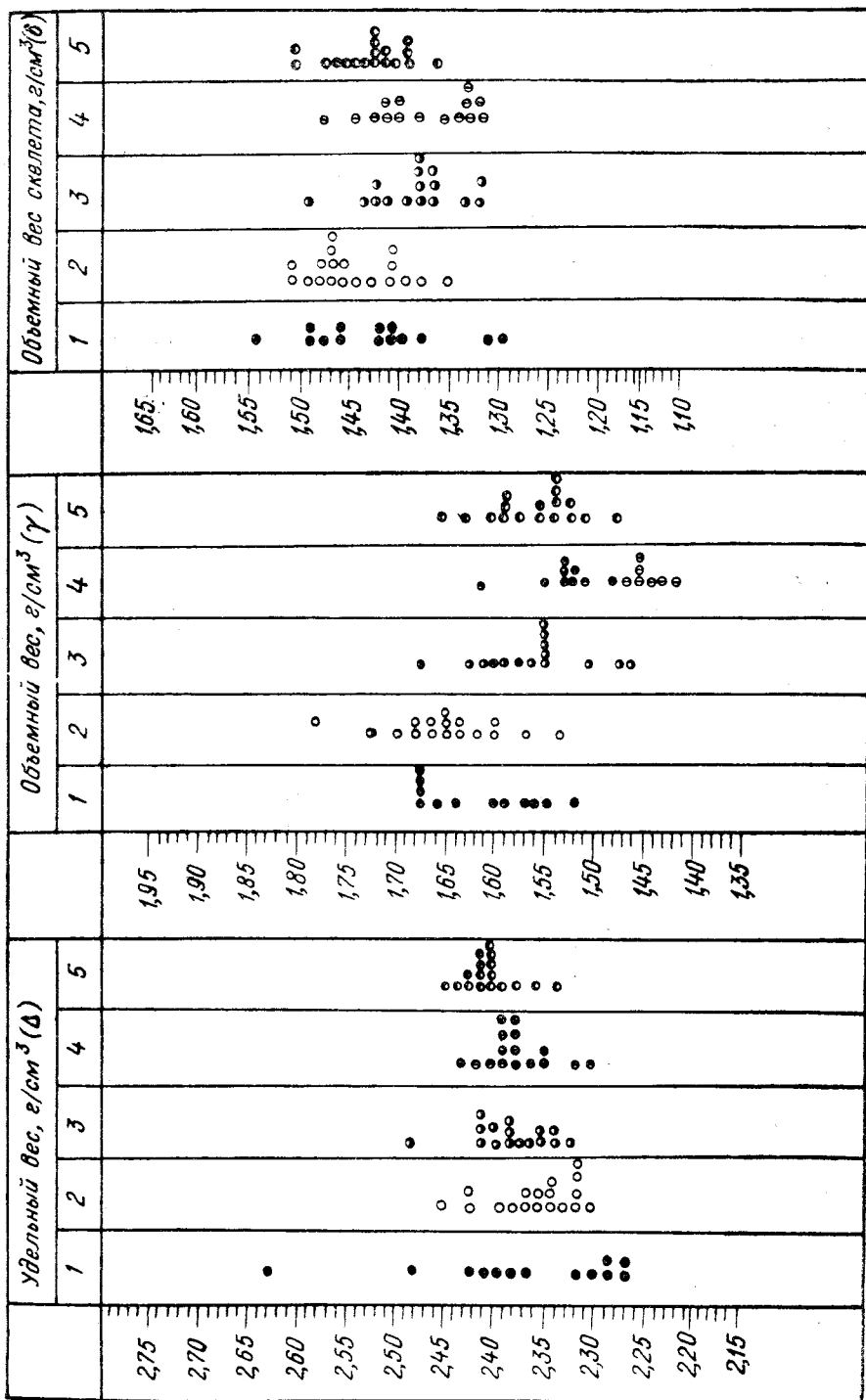


Рис. 12. Показатели физических свойств специальных смесей:

1 — «Медик», Ленинград; 2 — «Динамо», Москва; 3 — «Сталинец», Москва; 4 — им. Н. С. Хрущева, Киев; 5 — «Динамо», Харьков

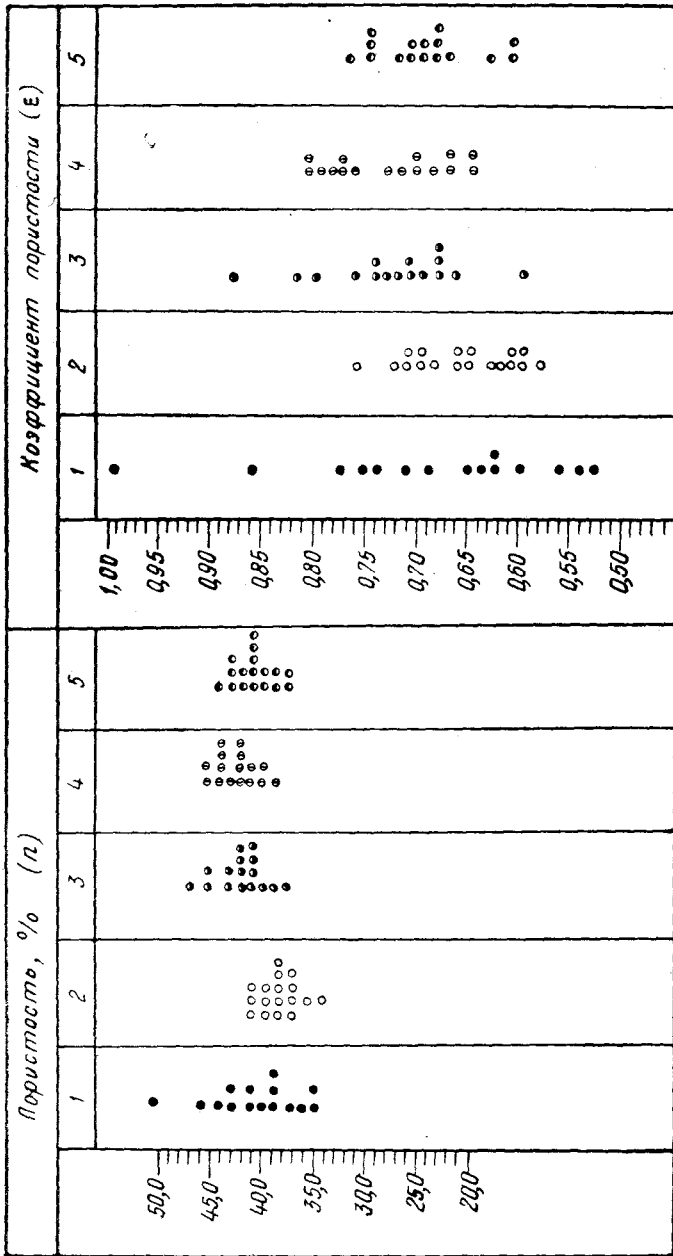


Рис. 13. Пористость и коэффициент пористости специальных смесей:
 1 — «Медик», Ленинград; 2 — «Динамо», Москва; 3 — «Сталинец», Москва; 4 — им. Н. С. Хрущева, Киев; 5 — «Динамо», Харьков

Таблица 10

Стадион	Значение	Удельный вес, г/см ³	Объемный вес, г/см ³	Объемный вес, скелета, г/см ³
„Медик“, Ленинград	Максимальное	2,46	1,64	1,49
	Минимальное	2,28	1,42	1,30
	Медианное	2,38	1,59	1,42
„Динамо“, Москва	Максимальное	2,42	1,76	1,51
	Минимальное	2,31	1,54	1,35
	Медианное	2,35	1,65	1,46
„Сталинец“, Москва	Максимальное	2,41	1,63	1,43
	Минимальное	2,34	1,48	1,32
	Медианное	2,38	1,56	1,37
Им. Н. С. Хрущева, Киев	Максимальное	2,42	1,55	1,44
	Минимальное	2,36	1,45	1,32
	Медианное	2,38	1,50	1,36
„Динамо“, Харьков	Максимальное	2,44	1,63	1,50
	Минимальное	2,36	1,54	1,39
	Медианное	2,41	1,56	1,42

Таблица 11

Стадион	Значение	Пористость, %	Коэффициент пористости
„Медик“, Ленинград	Максимальное	46,38	0,860
	Минимальное	35,22	0,540
	Медианное	40,0	0,650
„Динамо“, Москва	Максимальное	41,81	0,760
	Минимальное	34,86	0,580
	Медианное	39,00	0,650
„Сталинец“, Москва	Максимальное	45,26	0,820
	Минимальное	39,48	0,650
	Медианное	42,00	0,710
Им. Н. С. Хрущева, Киев	Максимальное	44,53	0,800
	Минимальное	39,75	0,650
	Медианное	42,00	0,720
„Динамо“, Харьков	Максимальное	43,03	0,750
	Минимальное	38,03	0,610
	Медианное	41,00	0,700

Среднее медианное значение пористости, как видно из таблицы, равно 39—42%. Наибольшее отклонение от медианных значений наблюдается в смеси ленинградского стадиона «Медик». Наименьшую пористость имеет смесь московского стадиона «Динамо», наибольшую — московского стадиона «Сталинец».

Естественная влажность имеет большое значение для работы спортивных площадок в целом и специальных смесей в частности. Наряду с другими факторами (содержание глины и извести, гранулометрический состав и т. п.) она оказывает существенное влияние на сопротивление сдвигающим усилиям и твердость смесей.

Специальные смеси, как известно, залегают в верхней части покрытий; т. е. выходят на дневную поверхность. Это обстоятельство ставит режим влажности смесей в тесную зависимость от климатических условий

Дождь, роса, иней увеличивают содержание влаги в смесях, испарение и ветер — уменьшают. Кроме того, в процессе эксплуатации покрытий в случае недостаточного увлажнения производится искусственная поливка. На режим влажности смесей некоторое влияние оказывает характер пород, залегающих в основании конструкции покрытия, уровень грунтовых вод, а также строение (тип) покрытия.

Наши наблюдения за влажностью смесей в период эксплуатации (1949—1951 гг.) по пяти крупнейшим стадионам показали, что она изменяется в широких пределах — от 5—6 до 23—25%.

Исследование влажности в период соревнований или тренировочной работы (к этому времени специальный слой планируется, поливается и укатывается), когда в смеси содержится ограниченное количество влаги, показало несколько другие пределы содержания влаги (табл. 12).

Таблица 12

Стадион	Значение	Влажность, %	Количество определений
„Медик“, Ленинград	Медианное	11,00	19
	Максимальное	13,80	
	Минимальное	9,00	
„Динамо“, Москва	Медианное	14,00	14
	Максимальное	17,70	
	Минимальное	11,50	
„Сталинец“, Москва	Медианное	14,00	29
	Максимальное	15,90	
	Минимальное	11,70	
Им. Н. С. Хрущева, Киев	Медианное	10,00	45
	Максимальное	11,80	
	Минимальное	8,00	
„Динамо“, Харьков	Медианное	11,00	32
	Максимальное	13,20	
	Минимальное	8,40	
Зимний стадион, Ленинград	Медианное	13,00	15
	Максимальное	16,50	
	Минимальное	10,90	

Результаты определений, приведенные в табл. 12, показывают, что среднемедианные значения влажности для различных специальных смесей изменяются от 10 до 14%. Наименьшие значения влажности характерны для специальных смесей стадиона им. Н. С. Хрущева Киева (8,0%) и стадиона «Динамо» Харькова (8,4%); наивысшие — для специальных смесей стадиона «Динамо» Москвы (17,7%), зимнего стадиона Ленинграда (16,5%) и стадиона «Медик» (13,8%).

Несколько заниженные значения влажности и коэффициента насыщения получены при исследовании физико-механических свойств по монолитам образцов специальных смесей, что объясняется, по видимому, частичным подсыханием исследуемых образцов. Результаты определения влажности, полной влагоемкости и коэффициента насыщения приведены на рис. 14 и табл. 13.

Среднее значение коэффициента насыщения изменяется от 0,32 до 0,48. Так как образцы подвержены подсыханию (в пределах 0,5—0,8%), коэффициент насыщения будет несколько выше.

Прилипание в процессе эксплуатации специальных смесей играет большую роль. Специальная смесь, обладающая большой силой

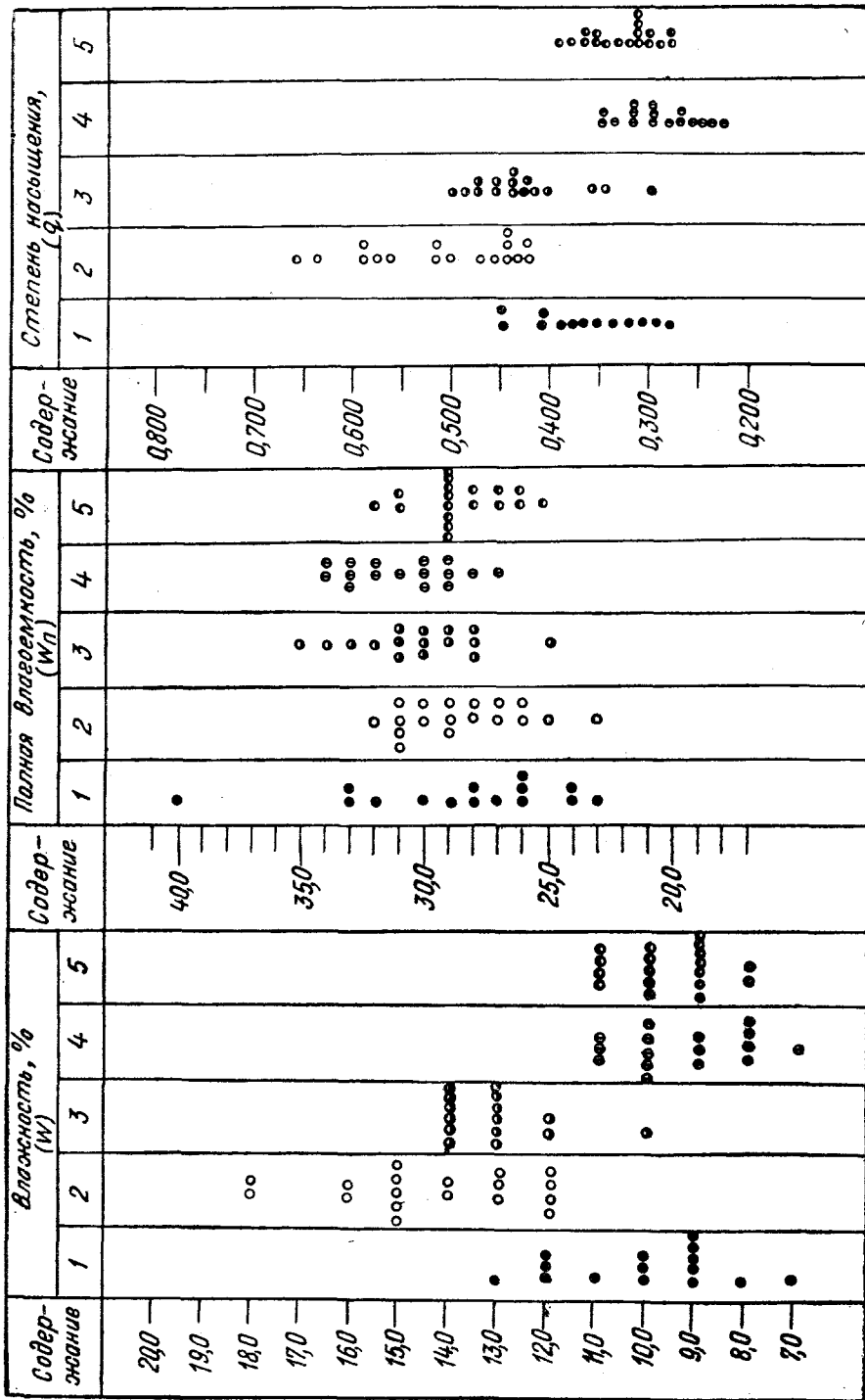


Рис. 14. Показатели физических свойств специальных смесей:
 1 — «Мелик», Ленинград; 2 — «Динамо», Москва; 3 — «Сталинец», Москва; 4 — им. Н. С. Хрущева, Киев; 5 — «Динамо», Харьков

Стадион	Значение	Естественная влажность, %	Коэффициент насыщения
„Медик“, Ленинград	Максимальное	12,00	0,44
	Минимальное	8,50	0,27
	Медианное	10,00	0,36
„Динамо“, Москва	Максимальное	17,70	0,64
	Минимальное	11,80	0,43
	Медианное	14,00	0,48
„Сталинец“, Москва	Максимальное	14,30	0,49
	Минимальное	12,00	0,36
	Медианное	13,00	0,44
Им. Н. С. Хрущева, Киев	Максимальное	10,70	0,34
	Минимальное	7,50	0,24
	Медианное	9,00	0,30
„Динамо“, Харьков	Максимальное	10,80	0,37
	Минимальное	8,10	0,28
	Медианное	9,50	0,32

прилипания во влажном состоянии, не пригодна к эксплуатации. В. В. Охотин [29], изучавший величину прилипания смесей, составленных из фракции 2—1 мм и глинистых частиц из каолина, установил, что минимальная величина прилипания будет у смесей, содержащих не свыше 10% каолина. Во всех случаях смешения наибольшее прилипание каждой из смесей находится в определенном интервале влажности — от 15 до 25%. Смесей, применяемые на стадионах СССР, удовлетворяют обоим условиям — содержат глинистых частиц до 10% и имеют рабочую влажность меньше 15%.

Размокание является одним из главнейших показателей качественной оценки устойчивости специальных смесей. Воздействие ливневых атмосферных вод или продолжительных обложных дождей в одних случаях выражается лишь в некотором снижении сцепления, в других же случаях смеси очень быстро «раскисают» и на продолжительное время (1—2 дня) не пригодны для эксплуатации.

Лабораторные исследования размокания смесей показали, что скорость их разрушения в стоячей воде различна. Так, образцы смесей ленинградского стадиона «Медик» разрушались в среднем через 3—4 часа, московского стадиона «Сталинец» — через 1—2 дня, харьковского стадиона «Динамо» — через 15 дней, Киевского стадиона им. Н. С. Хрущева — через 25 дней и московского стадиона «Динамо» — через 13 дней, а отдельные кубики не претерпели существенных изменений в течение 6 месяцев.

Процесс разрушения образцов смесей в большинстве случаев однообразен и состоит в следующем. При погружении образцов в воду начинается обильное выделение пузырьков воздуха и мельчайших частиц, которое в скором времени постепенно ослабевает. Затем образцы распадаются на три-четыре крупные части или растрескиваются на мелкие кусочки, которые очень быстро распадаются. Полное разрушение протекает с различной скоростью и состоит обычно в отделении мелких кусочков.

Опытным путем было установлено, что наиболее быстро разрушаются смеси, в которых глина и известь распределены неравномерно.

Коэффициент фильтрации специальных смесей определяется испытан-

нием на фильтрационных приборах. Исследованию подвергались образцы смесей естественной структуры и влажности (табл. 14).

Таблица 14

Стадион	Коэффициент фильтрации, см/сек
„Динамо“, Москва	0,000013
„ „ „	0,000043
„ „ „	0,000033
„ „ „	0,000022
„ „ „	0,00011
„ „ „	0,000015
„ „ „	0,000049
„ „ „	0,000066
„ „ „	0,000033
„Медик“, Ленинград	0,00078
„ „ „	0,00019
„ „ „	0,00018
„Сталинец“, Москва	0,00442
„ „ „	0,00141
„ „ „	0,00067
Им. Н. С. Хрущева, Киев	0,00023
„ „ „	0,00085
„ „ „	0,00087
„Динамо“, Харьков	0,00044
„ „ „	0,00011
„ „ „	0,00033

Наименьшее среднее значение коэффициента фильтрации характерно для специальных смесей стадиона «Динамо» Москвы — 0,000033 см/сек; наибольшее — для стадиона «Сталинец» — 0,00216 см/сек. Величина коэффициента фильтрации показывает, что во время ливневых осадков избыточная влага быстрее уходит не путем инфильтрации через тело специальных смесей, а посредством хорошо организованного поверхностного стока. Это обстоятельство необходимо учесть при проектировании спортивных сооружений.

3. Механические свойства специальных смесей

Сжимаемость специальных смесей определялась в лабораторных условиях путем испытания на компрессионных приборах. Как показали испытания образцов смесей естественной структуры и естественной влажности (рис. 15), смеси характеризуются различными значениями коэффициентов сжимаемости. Менее сжимаемы смеси московского стадиона «Динамо» и Киевского им. Н. С. Хрущева, более сжимаемы смеси ленинградского стадиона «Медик» и харьковского «Динамо».

Сопротивление сдвигу специальных смесей изучалось на образцах естественной структуры и естественной влажности.

Как следует из рис. 16, максимальное значение коэффициента внутреннего трения имеет смесь харьковского стадиона «Динамо» (0,650), минимальное значение — смесь московского стадиона «Динамо» (0,450). Максимальный угол внутреннего трения равен 33° (Киевский стадион им. Н. С. Хрущева), а минимальный угол равен 23° (московский стадион «Динамо»). Сцепление специальных смесей изменяется в широких пределах — от 0,333 («Медик», Ленинград) до 0,975 кг/см² («Динамо», Москва). Сцепление является одним из важнейших показателей, определяющих работу покрытия в целом.

Уплотняемость специальных смесей определялась по методике, разработанной В. А. Приклонским и Н. В. Коломенским [18].

Грунт уплотнялся в стальном цилиндре с площадью поперечного сечения $41,8 \text{ см}^2$ и высотой $7,9 \text{ см}$. Уплотнение проводилось посредством

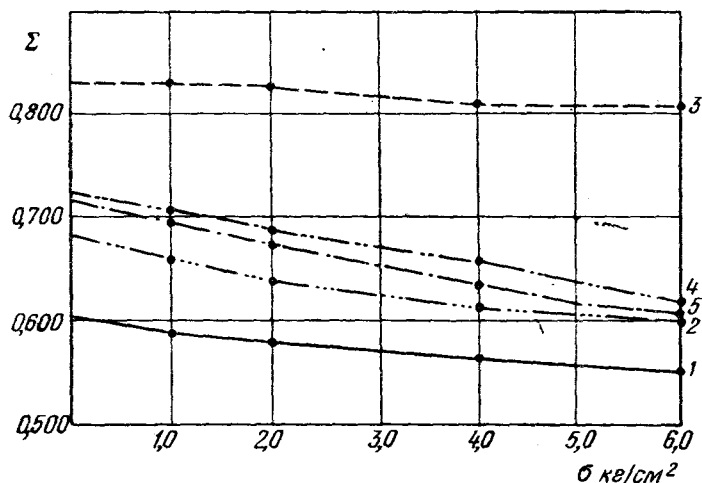


Рис. 15. Компрессионные кривые специальных смесей стадионов: 1 — «Динамо», Москва; 2 — «Сталинец», Москва; 3 — им. Н. С. Хрущева, Киев; 4 — «Динамо», Харьков; 5 — «Медик», Ленинград

гири весом $0,757 \text{ кг}$, свободно падающей с высоты $0,33 \text{ м}$. Гиря падала не непосредственно на грунт, а на стальную пластинку толщиной $0,6 \text{ мм}$.

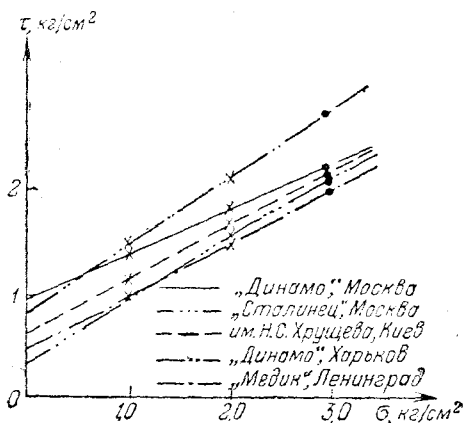


Рис. 16. Зависимость сопротивления специальных смесей сдвигу от нормальной нагрузки

Стадион	Влажность, %	Сдвигающие усилия при нормальной нагрузке $1-3 \text{ кг/см}^2$			τ_0	φ^0	C, кг/см^2
		τ_1	τ_2	τ_3			
«Динамо», Москва	14	1,40	1,80	2,25	0,425	23	0,975
«Сталинец», Москва	12	0,95	1,60	2,20	0,625	32	0,333
Им. Н. С. Хрущева, Киев	10	1,10	1,70	2,10	0,500	27	0,600
«Динамо», Харьков	10	1,50	2,10	2,80	0,650	33	0,825
«Медик», Ленинград	11	1,00	1,50	2,00	0,500	27	0,500

На дне и стенках стакана не было никаких отверстий для отвода воды, т. е. влажность была постоянной. Каждый удар гири давал работу $0,25 \text{ кгм}$. Уплотнение проводилось при влажностях $6, 8, 10, 12; 14; 16$ и 18% ¹ для работы $1, 2, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 150$ и 200 кгм . После окончания уплотнения проводилось контрольное определение влажности.

Испытаниям были подвергнуты специальные смеси пяти стадионов Советского Союза (табл. 15).

Наблюдения за процессом уплотнения в пределах влажности грунта от 6 до 18% при работах от 1 до 200 кгм показали: а) вначале

¹ Для специальной смеси стадиона «Динамо», Москва, уплотнение проводилось для влажностей $6, 7, 9, 10, 13, 14, 16$ и 18% .

Стадион	Гранулометрический состав				Удельный вес	Объемный вес скелета рыхлого сложения, г/см ³
	7—2	2—0,05	0,05—0,002	< 0,002		
„Медик“, Ленинград	19,5	59,3	16,1	5,1	2,38	1,09
„Динамо“, Москва	18,5	54,4	21,2	5,9	2,36	0,89
„Сталинец“, Москва	17,0	59,3	14,8	8,9	2,39	0,99
Им. Н. С. Хрущева, Киев	20,0	54,1	17,0	8,9	2,38	0,90
„Динамо“, Харьков	17,5	50,1	22,5	9,9	2,40	0,90

уплотнения (1—15 кгм) удары гири дают глухие тона, как правило, гиря не отскакивает; б) в конце уплотнения (100—200 кгм) удары гири дают высокие тона, гиря отскакивает от грунта; в) наиболее трудно разгрузить стакан от грунта после максимальной работы при влажности, рав-

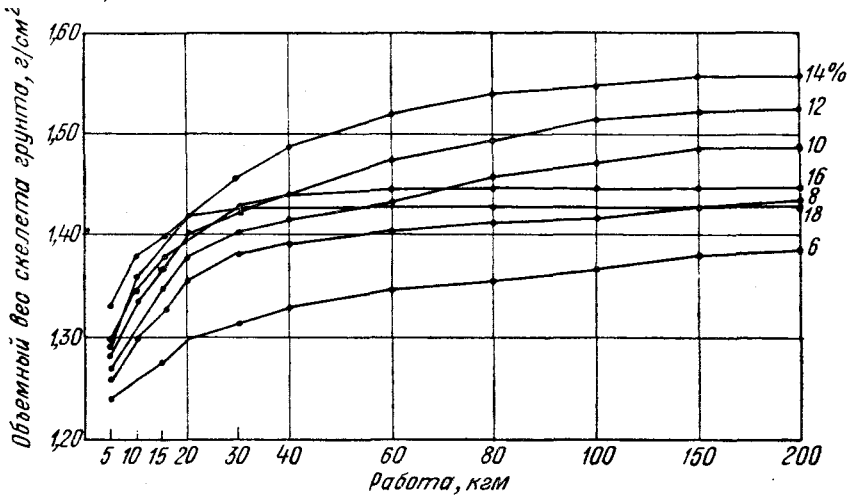


Рис. 17. Зависимость степени плотности от уплотняющей силы. Специальная смесь стадиона «Медик», Ленинград

ной 12—14%; г) при влажности 14% и уплотняющей работе 80—100 кгм наблюдается изменение цвета грунта (становится темным), появляется металлический блеск, создаваемый водяной пленкой, образующейся на поверхности грунта. Это явление, по указанию А. Ф. Лебедева [20], характеризует переход грунта в грунтовую массу, т. е. заполнение всех пор грунта.

Результаты уплотнения специальных смесей, приведенные на рис. 17—23, показали следующее.

1. Плотность смесей повышается с увеличением влажности. При влажности, равной 14%, плотность имеет максимальное значение; с увеличением влажности более 14% плотность смесей резко падает. Таким образом, для всех пяти смесей искусственных грунтов при влажности 14% достигается максимальное уплотнение при минимальной работе. Эту влажность Н. В. Коломенский называет оптимальной.

2. Эффективность уплотнения быстро растет при увеличении работы от 0 до 60—80 кгм.¹ Дальнейшее увеличение работы не дает сколько-

¹ На графике приведены данные работы, начиная с 5 кгм. В процессе опыта уплотнение было проведено при работах 1, 2, 3, 5 кг.

нибудь значительного прироста уплотнения. Увеличение работы, например, от 20 до 40, от 40 до 60, от 60 до 80 и от 80 до 100 кгм при уплотнении специальной смеси московского стадиона «Динамо» при влаж-

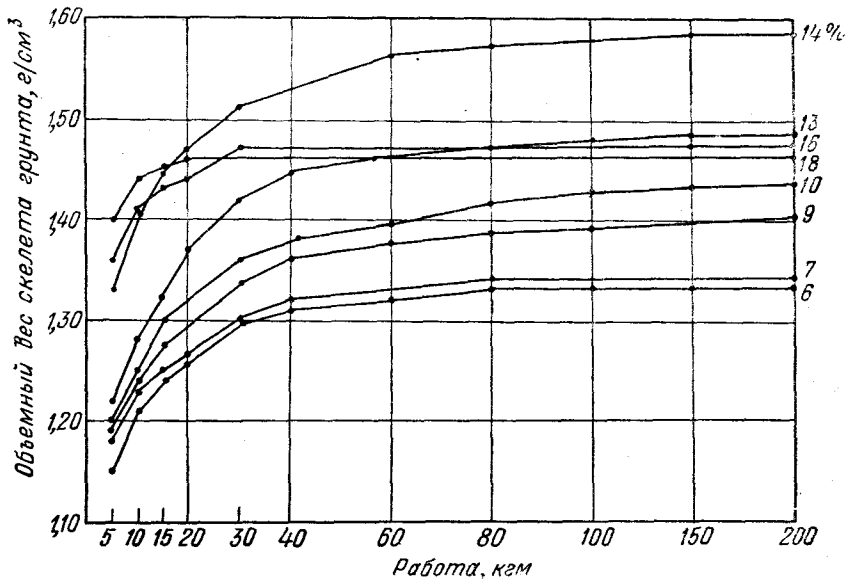


Рис. 18. Зависимость степени плотности от уплотняющей силы.
Специальная смесь стадиона «Динамо», Москва

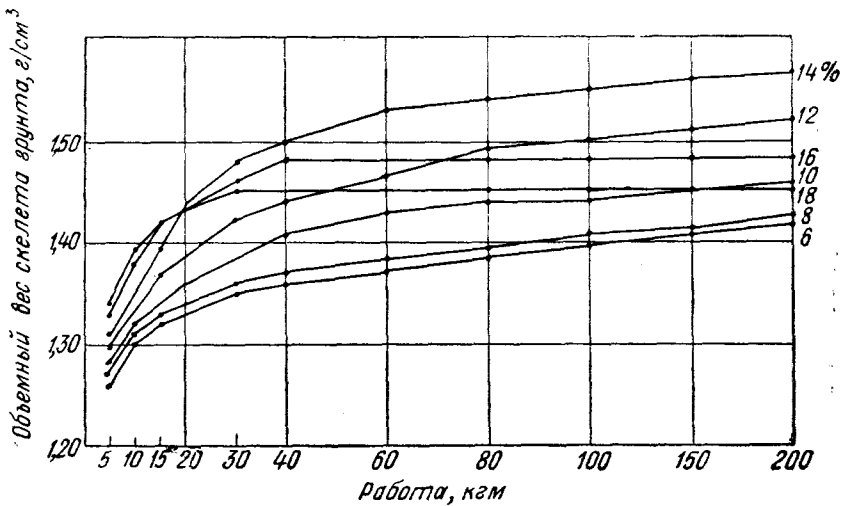


Рис. 19. Зависимость степени плотности от уплотняющей силы.
Специальная смесь стадиона «Сталинец», Москва

ности 14% (см. рис. 14) дало соответственный прирост объемного веса скелета: 0,055; 0,035; 0,01 и 0,005 г/см³. Работа уплотнения, которая лежит в пределах эффективности (0—80 кгм), по терминологии Н. В. Коломенского, носит название максимальной критической работы.

3. Уплотняемость смесей находится в тесной зависимости от гранулометрического состава. Наибольшую плотность при одной и той же работе уплотнения имеют смеси с повышенным содержанием глинистых

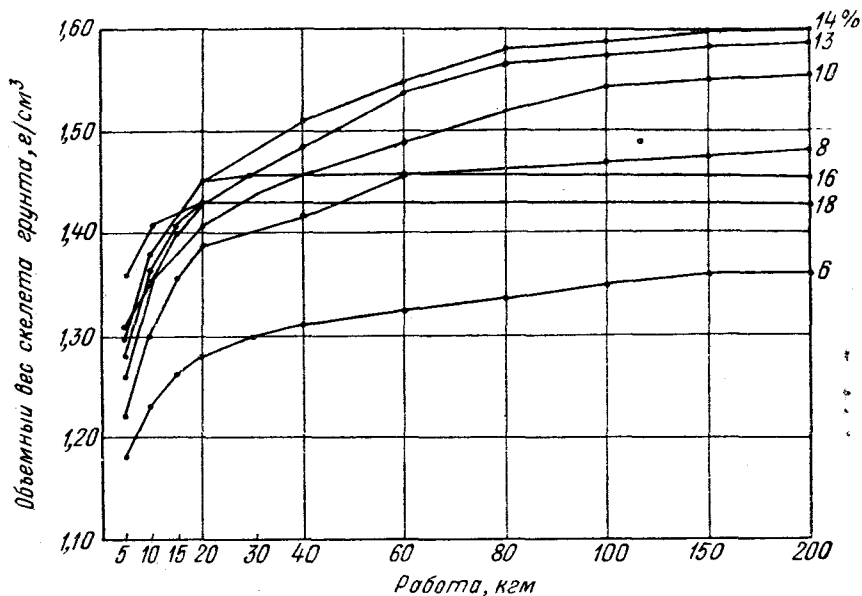


Рис. 20. Зависимость степени плотности от уплотняющей силы. Специальная смесь стадиона им. Н. С. Хрущева, Киев

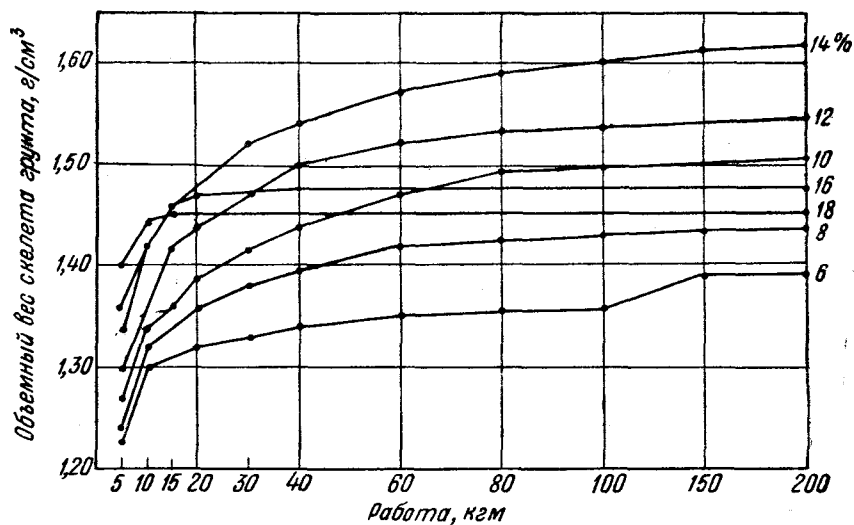


Рис. 21. Зависимость степени плотности от уплотняющей силы. Специальная смесь стадиона «Динамо», Харьков

частиц и смеси, более близкие по гранулометрическому составу к так называемым оптимальным смесям.

Результаты исследования уплотняемости специальных смесей, выполненные в лабораторных условиях, дают возможность вполне обоснованно ограничивать увлажнение специальных смесей как в момент уплотнения, так и в период эксплуатации спортивных площадок.

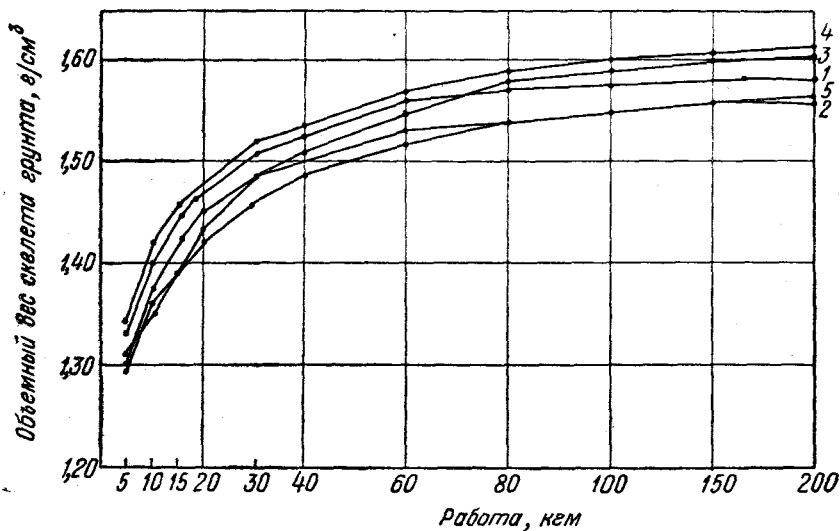


Рис. 22. Зависимость степени плотности от уплотняющей силы при оптимальной влажности (14%) специальных смесей стадионов:
 1 — „Динамо“, Москва; 2 — „Сталинец“, Москва; 3 — „Динамо“, Харьков; 4 — „Медик“, Ленинград

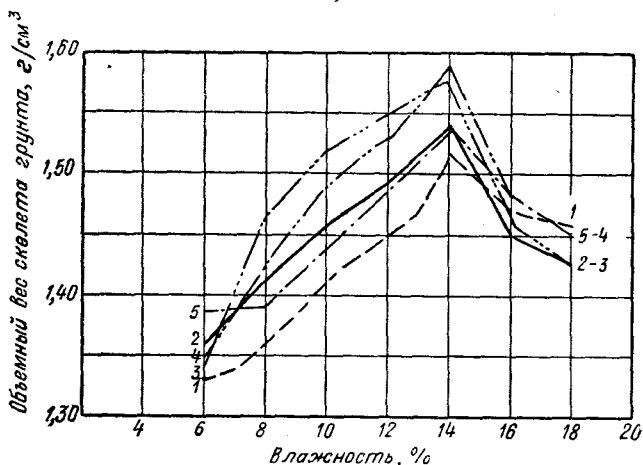


Рис. 23. Зависимость степени уплотнения от влажности для случая максимальной критической работы (80 кдж/м).
 Специальные смеси стадионов:
 1 — „Динамо“, Москва; 2 — „Сталинец“, Москва; 3 — им. Н. С. Хрущева, Киев; 4 — „Динамо“, Харьков; 5 — „Медик“, Ленинград

V. РАЦИОНАЛЬНЫЕ СМЕСИ И НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ОЦЕНКИ ИХ СОСТАВА И СОСТОЯНИЯ

Как показали исследования, специальные смеси различных стадионов характеризуются несколько отличными друг от друга свойствами. Среди них можно выделить смеси, которые более полно отвечают требованиям спортивной технологии. Практика эксплуатации и изучение

свойств смесей в лабораторных и полевых условиях показали, что наиболее успешно работают смеси с определенным минеральным составом и довольно ограниченными пределами гранулометрического состава при строго установленных границах влажности и плотности.

Искусственные грунты, применяющиеся для спортивного строительства, обладающие определенным минеральным, гранулометрическим составом, характеризующиеся строго ограниченными физико-механическими свойствами, можно назвать рациональными грунтами или рациональными смесями.

На данном этапе изучения искусственных грунтов для спортивных целей к таким рациональным смесям следует отнести специальные смеси московского стадиона «Динамо», которые характеризуются следующими показателями.

Минеральный состав смесей оказывает большое влияние на их физико-механические свойства. Особенно существенно они зависят от тонкодисперсной части минералогического состава глинистых фракций.

Рентгенометрический анализ глинистых фракций смесей московского стадиона «Динамо» показал, во-первых, наличие монтмориллонита и кальцита (до 15—20%) и, во-вторых, иллита и кварца (10—15%). Присутствие монтмориллонита, бесспорно, предпочтительно перед другими минералами.

Фракция 0,1—2,0 мм по минеральному составу состоит в основном из шлака при подчиненном содержании кварца и полевых шпатов (до 30%). Минеральный состав фракции меньше 2 мм в значительной мере отличен от указанных выше двух фракций и представлен главным образом шлаком при подчиненном содержании каменного угля, извести и следов кирпича.

В общей характеристике вещественного состава смеси следует отметить содержание гумуса (до 4%) и извести (до 6%), которые в значительной мере оказывают влияние на свойства смеси в целом.

Гранулометрический состав специальных смесей существенным образом влияет на их физико-механические свойства. Экспериментальные и теоретические исследования В. В. Охотина показали, что как размеры частиц, так и их относительное содержание в грунте оказывают огромное влияние на свойства грунта как строительного материала любого покрытия.

Данные гранулометрического состава специальных смесей крупнейших стадионов Советского Союза показывают, что он (состав) ограничен довольно узкими пределами содержания всех фракций.

Специальная смесь московского стадиона «Динамо» по гранулометрическому составу выделяется из числа других смесей. По количеству глинистых частиц (5,9%) смесь занимает некоторое промежуточное положение среди аналогичных значений других смесей. Их меньше, чем у смеси стадионов «Сталинец» (9,0%), «Динамо», Харьков (10%), им. Н. С. Хрущева, Киев (8,8%) и больше, чем у смесей стадиона «Медик» (5,2%) и всех других ленинградских стадионов, («Динамо», «Буревестник», «Искра» и др.) По количеству пылеватых частиц (21%) она также занимает некоторое промежуточное положение среди аналогичных значений других смесей. Так, количество пылеватых частиц в смесях стадионов «Медик», «Сталинец», и им. Н. С. Хрущева меньше, чем у московского стадиона «Динамо», и соответственно составляет 17,0; 15,0 и 17%, а в смеси харьковского стадиона «Динамо» их несколько больше — 23,0%. По количеству песчаных частиц смесь московского стадиона «Динамо» также несколько выделяется среди других смесей. В ней содержится 49% песчаных частиц, в других смесях их

значительно больше: стадион «Медик» 58%, стадион «Сталинец» 59%, стадион им. Н. С. Хрущева 53% и только смесь стадиона «Динамо», Харьков 50%. Количество гравелистых частиц в смеси московского стадиона «Динамо» равно 24%, что на 3—7% больше, чем в других смесях.

Увеличение или уменьшение содержания глинистых и пылеватых частиц в смеси московского стадиона «Динамо» приближает ее состав

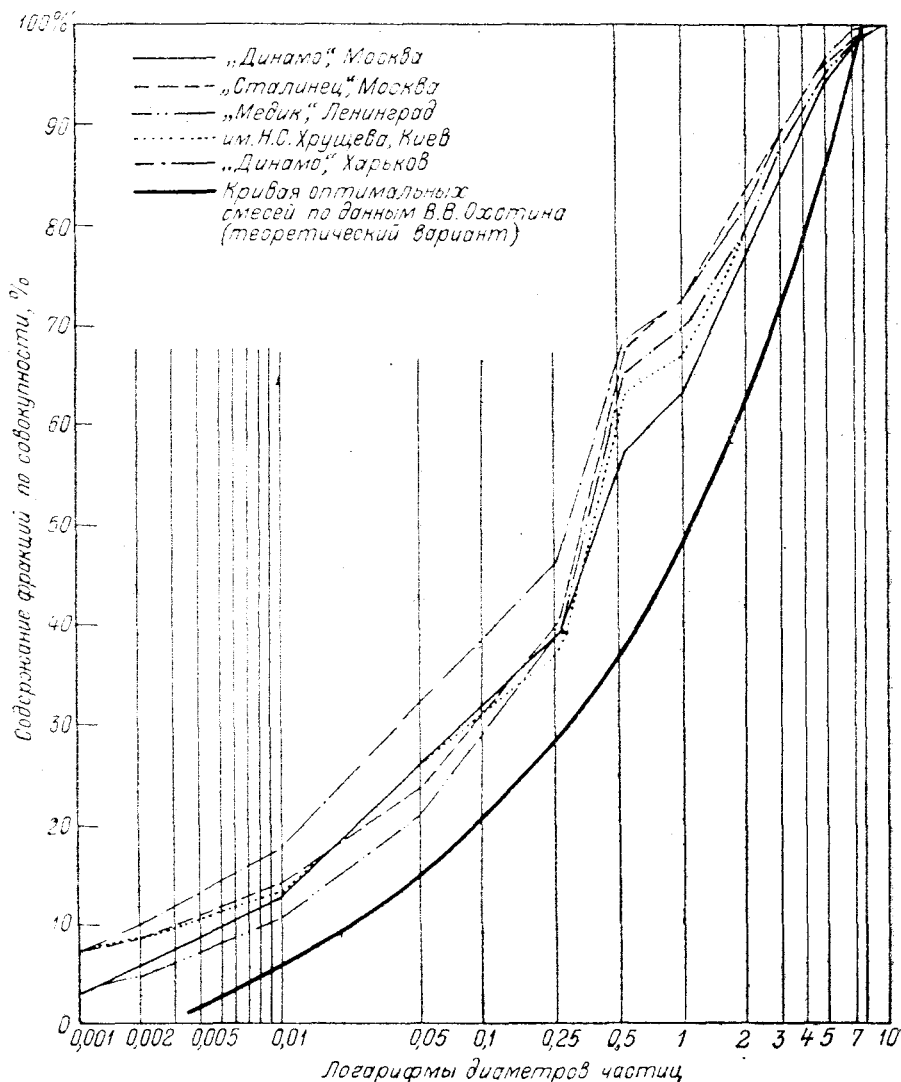


Рис. 24. Кривые гранулометрического состава специальных смесей

к одной из четырех разностей исследуемых смесей. Уменьшение количества песчаных частиц еще больше увеличит разрыв, а увеличение количества песчаных частиц — приблизит ее к другим смесям. Аналогичная картина будет и в случае изменения содержания гравийных частиц.

Кривые гранулометрического состава смесей приведены на рис. 24, где показаны их составы в полулогарифмическом масштабе и теоретическая кривая В. В. Охотина для случая «оптимальной смеси», составленная по принципу наименьшей пористости.

Анализ кривых состава смесей показывает, что они по своему характеру довольно близки к теоретической кривой, хотя значительный «пик» в интервале фракции 0,5—1,0 мм несколько нарушает подобие. Среди семейства кривых несколько выделяется кривая состава смеси московского стадиона «Динамо». В интервале фракции от 0,001 до 0,25 мм она занимает среднее положение среди других и более или менее плавно, без резких перегибов, следует теоретической кривой. В интервале фракции 0,25—10,0 мм она лежит значительно ближе к теоретической кривой, занимая промежуточное положение между кривыми состава других четырех смесей и теоретической кривой. Характеризуя кривую состава смеси московского стадиона «Динамо» в интервале фракции от 0,001 до 10 мм, можно отметить, что она более всего отвечает теоретической кривой В. В. Охотина.

Таким образом, по гранулометрическому составу специальная смесь московского стадиона «Динамо» больше всего отвечает так называемым рациональным смесям. Она близка к смесям дорожного и аэродромного строительства.

Несмотря на то, что площадь искусственных покрытий на стадионах относительно невелика (не больше 5000 м²) и имеется возможность поддерживать специальную смесь в состоянии увлажнения, близком к оптимальному, при подборе смесей приходится принимать во внимание климатические особенности районов стадионов.

В районах избыточного увлажнения основное внимание при подборе смесей должно быть обращено на сохранение физико-механических свойств в процессе переувлажнения. Нет надобности в таком случае опасаться излишней «жесткости» и твердости покрытия при недостатке влаги, ибо легче увлажнить покрытие (путем поливки), нежели избавиться от излишней влаги. В районах избыточного увлажнения нужно опасаться излишней липкости, потери связности, снижения величины сцепления специальных смесей. Необходимо подбирать смеси таким образом, чтобы их оптимальная (рабочая) влажность была по возможности наивысшей. Как показывает опыт эксплуатации покрытий (аэродромных, дорожных и спортивных), расположенных в районах избыточного увлажнения, в них должно содержаться несколько пониженное количество глинистых и пылеватых фракций.

В районах недостаточного увлажнения специальные смеси должны обладать наименьшей оптимальной (рабочей) влажностью и физико-механическими свойствами, отвечающими требованиям спортивной технологии. В этом случае в смесях должно содержаться несколько повышенное содержание глинистых и пылеватых фракций.

Для районов крупнейших стадионов Советского Союза и близких к ним по климатической характеристике рекомендуются пределы гранулометрического состава специальных смесей, приведенные в табл. 16.

Таблица 16

Район	Гранулометрический состав, %			
	< 0,002	0,002—0,05	0,05—2,0	2,0—8,0
Ленинграда	4—6	15—20	47—52	20—26
Москвы	5—7	18—23	45—50	20—26
Киева и Харькова	6—8	20—25	42—47	20—26

Степень плотности специальных смесей имеет весьма существенное значение. Анализ кривых гранулометрического состава показывает, что плотность смесей несколько отличается от теоретической смеси В. В. Охотина, составленной по принципу наименьшей пористости.

Следует отметить, что по требованиям спортивной технологии нет надобности в уплотнении смеси до наименьшей теоретически возможной пористости (плотности). Как показали физико-механические свойства смесей и исследования уплотняемости в лабораторных условиях, объемный вес скелета смеси, наиболее отвечающий спортивной технологии, должен быть не ниже $1,42-1,46 \text{ г/см}^3$ (при удельном весе $2,36-2,38$).

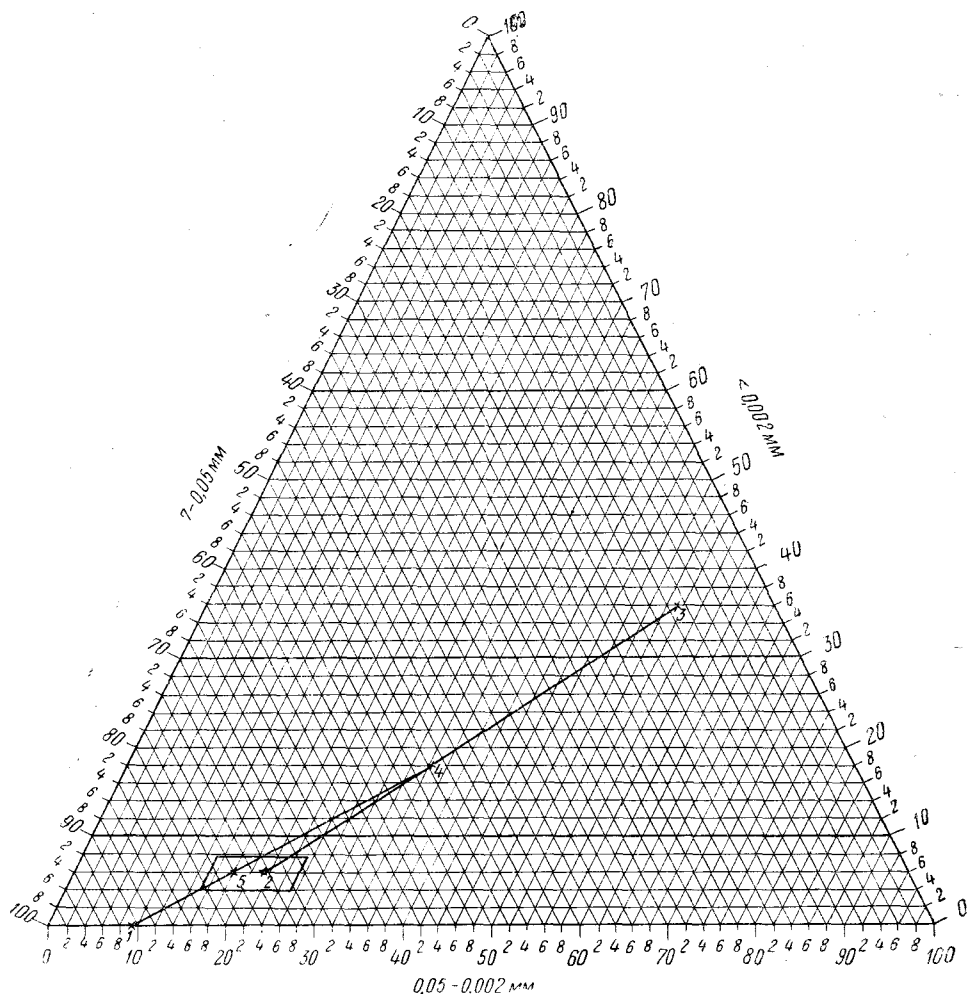


Рис. 25. Диаграмма подбора специальных смесей

Влажность смесей существенно влияет на физико-механические свойства. Многочисленные теоретические исследования и наблюдения за эксплуатацией дорожных, аэродромных и спортивных покрытий показали, что искусственные смеси работают лучше всего при определенных пределах влажности, которые для специальных смесей равны $12-14\%$, что хорошо подтверждается как практикой эксплуатации, так и лабораторными исследованиями.

Подбор смесей для дорожного и аэродромного строительства осуществляется несколькими способами. Подбирая специальные смеси для спортивных площадок, удобно пользоваться диаграммой в треугольных координатах, приведенной на рис. 25.

Каждая из сторон треугольника отвечает фракциям: глинистой, пылеватой и песчаной (совместно с гравийной). Известно, что равно-сторонний треугольник обладает следующими свойствами: сумма перпендикуляров, опущенных из любой точки, лежащей внутри треугольника, на его стороны, равна высоте треугольника. Высоты треугольника равны между собой. Принимая высоту треугольника, так же как сумму всех фракций грунта, за 100%, можно состав любого грунта изобразить на треугольнике в виде точки, расстояния от которой до каждой из сторон треугольника будет соответствовать содержанию в грунте фракции глины, пыли и песка (совместно с гравием).

Если на диаграмму нанести пределы смесей, приведенных в табл. 16, то они изобразятся в виде сторон четырехугольника, а все точки, лежащие внутри его, будут соответствовать гранулометрическому составу смесей, наиболее отвечающих требованиям спортивной технологии (рис. 25). Посредством этой диаграммы легко определить составы смесей, получающихся в результате смешения двух, трех и более грунтов.

Из условия подобия трапеций нетрудно доказать два свойства диаграммы в треугольных координатах:

а) смесь двух грунтов всегда располагается на прямой, соединяющей эти два грунта на диаграмме;

б) смесь расположится от исходных грунтов в расстояниях, обратно пропорциональных количеству смеси.

Используя эти свойства диаграммы, легко решить вопрос о возможности составления смесей.

Пример. Необходимо подобрать смесь со следующим содержанием основных компонентов: глинистых частиц 6%, пылеватых 18%, гравийных 24%. Кривая гранулометрического состава смеси должна быть близка к кривой смеси московского стадиона «Динамо». Для составления смеси имеются материалы: шлак, растительная земля и глина.

Гранулометрический состав шлака, растительной земли и глины приведен в табл. 17.

Таблица 17

Грунт	Гранулометрический состав, %									
	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,002	< 0,002
Шлак	7,0	1,4	13	15	12	18	12	9	—	—
Растительная земля	—	—	—	—	6	27	40	13	8	6
Глина	—	—	—	—	—	—	11	27	26	36

На треугольную диаграмму наносится четырехугольник рациональных смесей и составы шлака, растительной земли и глины. На диаграмме (рис. 25) они соответственно обозначены точками 1, 2, 3. Как следует из условий, специальная смесь должна состоять из трех компонентов, ограниченных определенными пределами гранулометрического состава.

Грунт, расположенный в точках 1 и 3, лежит за пределами рациональных смесей, а грунт, расположенный в точке 2, отвечает рациональным смесям только по содержанию глинистых и пылеватых частиц и совершенно не отвечает им по содержанию гравийных частиц.

Из грунтов, расположенных в точках 2 и 3, можно получить ряд смесей, составы которых находятся на прямой 2—3. Наметьте искомый

состав смеси по фракциям глинистых и пылеватых частиц на треугольной диаграмме (точка 5), проведем прямую через точки 1—5 до пересечения с прямой 2—3. Место пересечения (точка 4) даст соотношение состава грунтов 2 и 3 для получения смеси 4.

Пользуясь следствием, вытекающим из подобия трапеции, определяем процентное соотношение грунта 2 и 3 для получения смеси 4:

$$\text{грунт 2} \frac{\text{отрезок } 3-4}{\text{расстояние } 2-3} = 0,6 \times 100 = 60\%;$$

$$\text{грунт 3} \frac{\text{отрезок } 2-4}{\text{расстояние } 2-3} = 0,4 \times 100 = 40\%.$$

Подобное вычисление производим для искомой смеси — грунт 5, состоящий из грунта 1 и смеси 4:

$$\text{грунт 1} \frac{\text{отрезок } 4-5}{\text{расстояние } 1-4} = 0,656 \cdot 100 = 65,6\% \text{ (принимаем } 66\%)$$

$$\text{грунт 4} \frac{\text{отрезок } 1-5}{\text{расстояние } 1-4} = 0,344 \times 100 = 34,4\% \text{ (принимаем } 34,0\%).$$

Искомый состав смеси будет состоять из:

шлака	66%
растительной земли	$60 \times 0,34 = 20,4\%$
глины	$40 \times 0,34 = 13,6\%$

Произведя пересчет по отдельным фракциям (табл. 17) соответственно процентному соотношению их в смеси, получим гранулометрический состав искомой смеси (табл. 18): глинистых частиц 6,1%, пылеватых 17,4%, песчаных 54,4% и гравийных 22,4%.

Таблица 18

Диаметр фракций, мм	7,0— 5,0	5,0— 3,0	3,0— 2,0	2,0— 1,0	1,0— 0,5	0,5— 0,25	0,25— 0,05	0,05— 0,01	0,01— 0,002	0,002
Содержание фракций, %	4,6	9,2	8,6	9,9	9,1	17,4	17,5	12,2	5,2	6,1

Исходные данные в основном отвечают поставленной задаче. Некоторый избыток песчаных частиц (фракция 0,25—0,05 и 0,5—0,25 мм) может быть удален или отсевом одной из составляющих, или уменьшением процента растительной земли в смеси. В случае отсева песчаных частиц желательна добавка 3—4% гравийных частиц.

При составлении смесей для особо ответственных покрытий необходимо учесть, как это показано выше, что физико-механические свойства смеси будут зависеть не только от содержания в грунте определенного соотношения различных фракций, но в значительной мере будут определяться и физико-химическим составом поглощающего комплекса — наиболее дисперсной части глины.

Минеральный состав глинистых фракций должен быть определен так же, как и нормировано содержание извести и гумуса в смеси.

Заключение

1. Строительство спортивных сооружений началось лишь после Великой Октябрьской социалистической революции, причем наибольший размах получило в годы сталинских пятилеток.

2. Пионером в этой области строительства является русский инженер С. П. Зверинцев, который осветил основные вопросы строения покрытий (конструкции), ввел понятие об «оптимальных смесях» применительно к верхнему слою покрытий, и дал характеристику материалов для верхнего слоя.

Разработанная им таблица оптимальных смесей естественных грунтов путем карьерных добавок и сейчас не потеряла своей ценности.

3. Теоретические вопросы строения покрытий спортивных площадок разработаны слабо, недостаточно учтена роль инженерно-геологических условий. Совершенно не обоснована толщина покрытий с точки зрения распределения напряжений в отдельных слоях.

Из практики эксплуатации стадиона имени С. М. Кирова и Зимнего стадиона в Ленинграде установлено, что недостаточная мощность среднего слоя при жестком нижнем подстилающем слое отрицательно действует на спортсменов (сильные боли в сухожилиях, изменение структуры костно-мышечного аппарата и т. д.).

Типовой проект нормального спортивного ядра СССР не отражает и не может отражать все разнообразие инженерно-геологических условий столь обширной территории Советского Союза. Он не соответствует возросшим требованиям наших спортсменов и требует немедленного пересмотра и замены несколькими проектами, отражающими как роль инженерно-геологических условий, так и класс сооружений.

4. Физико-технические свойства специальных смесей изучены слабо. Существующая методика подбора смесей, оценка их состава и состояния не отвечают современным требованиям спортивной технологии. Основные способы укрепления грунтов, применяющиеся для дорожного и аэродромного строительства, при строительстве спортивных сооружений не только не применяются, а по мнению некоторых специалистов по спортивным сооружениям (Р. А. Голубинский, Н. М. Резников и др.) и не могут быть применены.

5. В результате изучения свойств смесей было установлено:

1) По вещественному составу смеси отличаются друг от друга. По гранулометрическому составу все смеси довольно близки к «оптимальным смесям», применяющимся в дорожном и аэродромном строительстве, но среднее содержание глинистых, пылеватых, песчаных, гравийных частиц смесей изменяется в значительных пределах. Так, количество глинистых частиц колеблется от 5,2 («Медик», Ленинград) до 10% («Динамо», Харьков). Содержание пылеватых частиц изменяется от 15 до 23% и гравийных от 17 до 24%. Более постоянно содержание песчаных частиц — от 50 до 59%. Наименьшие отклонения от средних значений характерны для смеси московского стадиона «Динамо», а наибольшее для ленинградского стадиона «Медик» и московского стадиона «Сталинец».

Минеральный состав смесей фракции меньше 2 мм довольно однороден и представлен в основном шлаком. Состав фракции 0,1—2 мм более разнороден. Если во всех смесях более или менее постоянно содержание извести, то содержание кварца и полевых шпатов — различно. Так, в смеси Киевского стадиона имени Н. С. Хрущева они составляют 35%, а в смеси московского стадиона «Сталинец» достигают 48%.

Минеральный состав глинистых фракций в основном представлен иллитом и кварцем. В смесях московского стадиона «Динамо» глинистые фракции слагаются монтмориллонитом и кальцитом, а на Киевском стадионе имени Н. С. Хрущева — монтмориллонитом и неопределенным минералом. Присутствие монтмориллонита несомненно оказывает огромное влияние на свойства смесей.

Содержание гумуса в смесях изменяется от 2 до 4 %.

Испытание смесей на водную вытяжку показало, что содержание солей в них незначительно и составляет в среднем 5,5 %.

Во всех смесях, исключая стадион «Динамо» (Москва), наблюдается неравномерное распределение глины и извести, которые, как это необходимо, не рассеяны равномерно по всей смеси, а находятся в виде линз и комочков, хорошо видимых невооруженным глазом.

2) По физическим свойствам специальные смеси в значительной степени отличаются как от естественных, так и от искусственных грунтов, и прежде всего малым удельным весом. Удельный вес смесей изменяется от 2,35 до 2,41 (медианные значения), объемный — от 1,50 до 1,65 и объемный вес скелета — от 1,36 до 1,46. Специальная смесь московского стадиона «Динамо» из всех пяти составов характеризуется самым низким удельным весом (2,35) и самым высоким объемным весом скелета (1,46). Пористость специальных смесей изменяется от 39 до 42 %. Влажность смесей колеблется от 10 до 14 %. Сопоставление влажности, при которой смеси эксплуатируются, с оптимальной (данные лабораторных исследований) показывает, что только смесь московского стадиона «Динамо» работает при наилучших условиях. Остальные смеси в момент эксплуатации недостаточно увлажнены.

Смеси совершенно различно реагируют на избыточное увлажнение. Наиболее устойчива смесь московского стадиона «Динамо», наименее — стадиона «Медик». Коэффициент фильтрации смесей наибольший на стадионе «Сталинец» и «Медик», наименьшее значение характерно для смеси московского стадиона «Динамо».

3) По механическим свойствам смеси также отличаются друг от друга. Более сжимаемы смеси стадионов «Медик», «Сталинец» и «Динамо» (Харьков), менее сжимаемы смеси стадионов «Динамо» (Москва) и им. Н. С. Хрущева (Киев). Величина сцепления, столь важная для смеси, изменяется в весьма широких пределах. Наибольшее сцепление имеет смесь стадионов «Динамо» московского ($0,975 \text{ кг/см}^2$) и харьковского ($0,825 \text{ кг/см}^2$); наименьшее — московского стадиона «Сталинец» ($0,333 \text{ кг/см}^2$) и ленинградского «Медик» ($0,500 \text{ кг/см}^2$).

4) Уплотнение смесей, проведенное по методу Н. В. Коломенского и В. А. Приклонского, позволило определить максимальную влажность и рациональную работу уплотнения: первая для всех смесей составила 13—14 %, а вторая — 60—80 кгм.

5) Сопоставляя данные исследований по пяти смесям крупнейших стадионов Советского Союза, можно сделать вывод, что наиболее полно требованиям строительной технологии отвечает специальная смесь московского стадиона «Динамо».

6. На основании изучения свойств специальных смесей и учета требований спортивной технологии установлено:

1) Смеси должны подбираться на основе данных физико-механических свойств материалов, входящих в их состав.

Свойства материалов определяются главным образом их минеральным и гранулометрическим составом.

2) После подбора смесей необходимо провести контрольное определение физико-механических свойств смеси в целом.

3) Наиболее удобным и достаточно точным способом определения процентного соотношения отдельных компонентов в смесях является графо-аналитический метод, предусматривающий нанесение состава каждого из них на диаграмму в треугольных координатах.

4) В конечном результате играет роль не только правильный выбор пропорции основных компонентов на основе их гранулометрического состава и дозировки извести и гумуса в смесях, но и процесс производства работ по созданию смесей. Глина и известь, как и крупные и мелкие фракции шлака, должны быть тщательно перемешаны. Специальные смеси должны быть однородны.

5) Уплотнение смесей должно проводиться при оптимальной влажности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богомолов Г. В., Николаев Н. И. и др. Военная геология. Госгеол-издат, 1945.
2. Безрук В. М. и Лысихина А. И. Основы стабилизации грунтов в дорожном строительстве. Дориздат, 1941.
3. Безрук В. М. и Тулаев А. Я. Дорожные основания из стабилизированных грунтов. Дориздат, 1948.
4. Даньшин Б. М. Геологическое строение и полезные ископаемые Москвы и ее окрестностей. Изд. Московское общество испытания природы, 1947.
5. Даньшин Б. М. и Головина Е. В. при участии Лунандина Р. Б. Геологическое строение. Труды института геологии и минералогии и Московского гидрогеологического треста, 1934, вып. 10/6.
6. Даньшин Б. М. и Корчебоков Н. А. Атлас геологических и гидрогеологических карт г. Москвы. Труды ВИМС и МГТ, 1935.
7. Денисов Н. Я. Строительные свойства лёсса и лёссовидных суглинков. Госстройиздат, 1951.
8. Зверинцев С. П. Спортивная архитектура, 1931.
9. Зверинцев С. П. Физкультурные сооружения. Изд. «Физкультура и туризм», 1932.
10. Зверинцев С. П. Простейшие физкультурные сооружения. Огиз, 1936.
11. Зверинцев С. П. Проектирование физкультурных сооружений, Сборник «Проблемы архитектуры». Изд. Всесоюзной академии архитектуры, 1937.
12. Зверинцев С. П. Архитектура спортивных сооружений, 1938.
13. Зверинцев С. П. и Нестеров С. А. Физкультурные сооружения. ОНТИ, 1935.
14. Иванов Н. Н. и Кривисский А. М. Выбор конструкции дорожных одежд. Дориздат, 1943.
15. Иванов Н. Н. и Охотин В. В. Дорожное почвоведение и механика грунтов. ОГИЗ, Гострансжелдориздат, 1934.
16. Карякин Л. И. Геологическое строение и полезные ископаемые на территории Большого Харькова. Записки научно-исследовательского института геологии при Харьковском гос. университете, 1934, т. IV.
17. Колли Н. И. Спортивные сооружения. Академия архитектуры СССР, 1948.
18. Коломенский Н. В., Исследование рыхлых горных пород, как материала для насыпей. Труды института геологии АН СССР, серия инженерной геологии, 1940, вып. 24.
19. Краткая инструкция № 1 по эксплуатации основных летних спортивных сооружений и их оборудованию. Изд. «Физкультура и спорт», 1943.
20. Лебедев А. Ф. Уплотнение грунтов при различной их влажности. Стройвоенмориздат, 1949.
21. Легкая атлетика (редактор Озолин Н. Г.). Изд. «Физкультура и спорт», 1940.
22. Легкая атлетика (редактор Семенов Д. А.). Изд. «Физкультура и спорт», 1951.
23. Ломтадзе В. Д. Методы лабораторных исследований песчаных и глинистых грунтов. Госгеолиздат, 1952.
24. Лысихина А. И. Усовершенствованные дороги облегченного типа. Дориздат, 1950.
25. Лысихина А. И., Безрук В. М. и др. Дорожные покрытия из чернзема. Дориздат, 1943.
26. Максимович Н. А. Применение гигроскопических солей для стабилизации и обеспыливания грунтов спортивных площадок. «Теория и практика физической культуры», 1939, № 4.

27. Морозов С. С. Зависимость физических и механических свойств грунтов от состава обменных катионов. Ученые записки Московского гос. университета, 1946, вып. 105.
28. Охотин В. В. Лабораторные опыты по составлению дорожных грунтов по принципу наименьшей пористости. 1929.
29. Охотин В. В. Грунтоведение. 1940.
30. Очерки гидрогеологии и инженерной геологии Москвы и ее окрестностей (редактор Ланге О. К.). Изд. Московского общества испытателей природы, 1947. ОНТИ, 1937.
31. Поликарпов В. П. Сооружение и оборудование мест для легкой атлетики. Изд. «Физкультура и спорт», 1939.
32. Поликарпов В. П. Школьные спортивные сооружения и типовые генпланы земельных участков школ. Изд. «Физкультура и спорт», 1944.
33. Поликарпов В. П. Проектирование спортивных сооружений (справочное пособие). Изд. Академии архитектуры СССР, 1948.
34. Попов И. В. Инженерная геология. Госгеолиздат, 1950.
35. Приклонский В. А. Грунтоведение, ч. 1. Госгеолиздат, 1943.
36. Приклонский В. А., Макеев З. А. и др. Инженерно-геологические изыскания. Руководство для планировки и застройки городов. Гос. изд. архитектуры и градостроительства, 1950.
37. Webster F. A. M. Sports Ground and Buildings Makiug, Management Maintenance and Equipment. London. 1940.
38. Типовой проект нормального спортивного ядра СССР. Изд. «Физкультура и спорт», 1949.
39. Филатов М. М. Основы дорожного грунтоведения. Гострансиздат, 1936.
40. Филатов М. М. Стабилизация дорожных грунтов и ее теоретическое обоснование. «Дорога и автомобиль», 1937, № 3.
41. Филатов М. М. и Смирнов Н. М. Лабораторные опыты улучшения дорожных свойств чернозема битуминированием. Транспечать, НКПС, 1931.
42. Яковлев С. А. Наносы и рельеф г. Ленинграда и его окрестностей. 1926.
43. Diem K. und Seiffert S. Sportplatz und Kampfbahn, van und Sustrandhaltung, 1926.
44. Жоффе Р. Спортивные сооружения и места занятия физическими упражнениями на открытом воздухе во Франции (из доклада французской легкоатлетической федерации за 1945 г.), 1945.
45. Жоффе Р. Строительство площадок для физического воспитания. Heracles Paris. 1946, № 9.
46. Joffet P. Amenagement des pistes d'Athlétisme (plan au verso), Fédération Française d'Athlétisme, Paris, April 1945.
47. Joffet R. Lamenagement du Bois de Vinsenneset le stade Olympique de Paris, 1946.

Поступило 10/X 1952 г.