

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра информатики и компьютерных технологий

ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННО- КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА МАТЕРИАЛОВ

*Методические указания к курсовой работе
для студентов бакалавриата направления 22.03.01*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2023**

УДК 004.4; 519.852.33 (073)

ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. Определение оптимального состава материалов: Методические указания к курсовой работе / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *Т.В. Саратулова, А.А. Кочнева, Е.Г. Дементьева*. СПб, 2023. 31 с.

Рассмотрена задача определения оптимального состава материала на примере асфальтобетона, методика многовариантного проектирования состава дорожного асфальтобетона с использованием нормативных предельных кривых зернового состава минеральной части. Методические указания содержат теоретический материал, даны общие указания по выполнению и оформлению курсовой работы, приведен пример полученного результата.

Методические указания предназначены для студентов бакалавриата направления 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов», направленность (профиль) «Материаловедение и технологии новых материалов».

Научный редактор доц. *А.Б. Маховиков*

Рецензент к.т.н. *К.В. Столяров* (Корпорация «Телум Инк»)

© Санкт-Петербургский
горный университет, 2023

ВВЕДЕНИЕ

Курсовая работа по информатике и ИКТ нацелена на решение информационных задач, возникающих в научной, проектной и производственной деятельности. Выполнение курсовой работы позволяет студенту оценить достоинства современных методов обработки информации при моделировании объектов и вычислении параметров этих объектов.

Базовыми элементами современной информатики являются обработка изображений и текстовых документов, работа с электронными таблицами, применения языков программирования. Выполнение курсовой работы по информатике и ИКТ предусматривает наличие всех перечисленных базовых элементов.

Варианты курсовых работ выбираются по своей специальности и различаются объектами и методами исследования.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА АСФАЛЬТОБЕТОНА

Общие сведения об асфальтобетоне

Асфальтобетон – это дорожно-строительный материал, полученный в результате укладки и уплотнения рационально подобранной смеси крупного заполнителя (щебня или гравия), песка, минерального порошка и битума, в необходимых случаях добавок (поверхностно-активных веществ и активаторов).

Классификация асфальтовых бетонов (по ГОСТ 9128-2013)

По виду каменного материала несущего каркаса:

- щебеночные;
- гравийные;
- песчаные.

В зависимости от вязкости битума и температуре при укладке:

- горячие – с применением вязких и жидких дорожных битумов и температурой при укладке не менее 110 0С;
- холодные с применением жидких дорожных битумов и температурой при укладке не менее 50С.

По размеру зерен каменного материала несущего каркаса:

- крупнозернистые – с зернами размером до 40 мм;

– мелкозернистые – с зернами размером до 20 мм; песчаные с зернами до 10 мм.

По плотности:

– высокоплотный с остаточной пористостью 1,0-2,5%;

– плотный, с остаточной пористостью 2,5-5,0%, применяемый в верхнем слое покрытия, обязательно содержащий минеральный порошок;

– пористый, с остаточной пористостью 5-10%, применяемый в нижних слоях покрытия;

– высокопористый, с остаточной пористостью свыше 10%, применяемый в верхних слоях основания дорожной одежды.

Щебеночные и гравийные горячие смеси и плотные асфальтобетоны в зависимости от содержания щебня подразделяются на типы:

– тип А – многощебенистые, с содержанием щебня 50-60%, минерального порошка до 8%, обладающие наибольшей сдвигоустойчивостью и шероховатостью;

– тип Б – среднещебенистые, с содержанием щебня 40-50%, минерального порошка до 10%, обладающие средней сдвигоустойчивостью и шероховатостью;

– тип В – малощебенистые, с содержанием щебня 30-40%, обладающие малой сдвигоустойчивостью и шероховатостью.

Щебеночные и гравийные холодные смеси и асфальтобетоны подразделяют на типы БХ и ВХ.

Горячие и холодные песчаные смеси и асфальтобетоны подразделяют на типы:

– Г и ГХ - на песках из отсевов дробления;

– Д и ДХ – на природных песках или смесях природных песков с отсевами дробления.

Марки асфальтовых бетонов

Смеси и асфальтобетоны в зависимости от показателей физико-механических свойств асфальтобетона и качества применяемых материалов подразделяются на марки:

– горячие:

– высокоплотные – I;

– плотные:

- тип А – I и II;
- типы Б и Г – I, II и III;
- тип В, Д – II и III;
- пористые и высокопористые – I и II.
- холодные:
 - тип БХ, ВХ, ГХ – I и II;
 - тип ДХ – II.

Каждая марка требует применения заполнителей определенного качества:

I марка – щебень с маркой по прочности более 1200, минеральный порошок из прочных и чистых известняков, преимущественно активированных;

II марка – щебень с маркой по прочности более 1000, минеральный порошок из известняка или золы-уноса ТЭС;

III марка – щебень с маркой по прочности более 600, в качестве минерального порошка допускается применение порошкообразных отходов промышленности (молотые шлаки, цементная, клинкерная пыль и т.п.).

Виды структур асфальтового бетона

Структуру асфальтобетона принято рассматривать как трехкомпонентную систему, состоящую из микро-, мезо- и макроструктур.

Микроструктура – структура асфальтового вяжущего (минерального порошка и битума).

Мезоструктура – структура асфальтового раствора (минерального порошка, битума и песка).

Макроструктура – структура асфальтобетона.

В зависимости от содержания щебня макроструктура асфальтобетона может быть:

– базальная – содержание щебня незначительно (< 35%), зерна щебня не имеют взаимных контактов, они «погружены» в растворную часть. Свойства асфальтобетона определяются свойствами асфальтового раствора.

– базально-поровая – содержание щебня 35-40%;

– поровая – содержание щебня 40-50%. Крупные минеральные зерна контактируют через тонкие прослойки битума. Межзер-

новые пустоты заполнены асфальтовым раствором. Обладает значительной прочностью.

– порово-контактная – содержание щебня 40-55%;

– контактная – при содержании щебня 50-60%. Объем межзерновых пустот в щебеночном каркасе превышает объем асфальтового раствора. Материал обладает значительной пористостью и пониженной прочностью.

Области применения асфальтобетонов

Верхний слой однослойного покрытия:

а) на участках с интенсивным движением выполняется из мелкозернистого асфальтобетона поровой структуры типа А и Б;

б) на участках с большим продольным уклоном – из мелкозернистого асфальтобетона контактной структуры типа А, порово-контактной структуры типа А и Б.

Верхний слой двухслойного покрытия:

а) на участках с интенсивным движением – из мелкозернистого асфальтобетона поровой структуры типа Б;

б) на участках со средней и малой интенсивностью движения – мелкозернистый асфальтобетон базальной структуры типа В, песчаный асфальтобетон поровой структуры типа Г и Д, холодный асфальтобетон поровой структуры типа Б.

Нижний слой покрытия и основания – крупнозернистый асфальтобетон типа А и Б.

Для тротуаров и полов промышленных зданий – песчаный асфальтобетон типа Д, холодный асфальтобетон базальной структуры типа В.

Проектирование состава асфальтобетона

Целью проектирования состава является определение оптимального соотношения исходных материалов (щебня, песка, минерального порошка и битума), обеспечивающего получение высококачественного асфальтобетона с заданными свойствами.

Проектирование асфальтобетона представляет собой комплексный процесс, позволяющий обосновать состав (или составы) асфальтобетонной смеси с учетом назначения конструктивного слоя, состава, грузонапряженности и интенсивности дорожного движения и климатических условий района строительства. При этом должны

быть учтены свойства всех исходных компонентов, регламентирована последовательность и порядок производства асфальтобетонных работ с привлечением экономических соображений.

Метод проектирования

Метод проектирования – расчетно-экспериментальный по предельным кривым плотных смесей (метод СоюздорНИИ).

Исходные постулаты метода:

1. Соотношение диаметров зерен соседних фракций минеральной части:

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{d_2}{d_3} = \dots = \frac{d_{n-1}}{d_n} = 2 \quad (1)$$

2. Объемные доли последовательно уменьшающихся фракций смеси:

$$\frac{q_2}{q_1} = \frac{q_3}{q_2} = \dots = \frac{q_n}{q_{n-1}} = K = 0.65 \dots 0.90 \quad (2)$$

где K – коэффициент сбega.

При таких соотношениях достигается максимальная плотность минеральной смеси.

3. Сумма всех фракций смеси составляет 100%:

$$q_1 = \frac{1 - K}{1 - K^n} \cdot 100 \quad (3)$$

здесь q_1 – объемная доля первой фракции смеси (частный остаток), %;

n – число фракций в смеси.

Число фракций смеси находят из выражения:

$$n = 3.32 \cdot \lg \frac{d_{max}}{d_{min}} \quad (4)$$

где d_{max} – наибольший размер зерен смеси, мм (определяется при выборе типа смеси по крупности минеральных зерен, в зависимости от ее назначения);

d_{min} – наименьший размер зерен смеси, мм – принимается из расчета, что он должен быть крупнее размера частиц, соответствующих глинистым (т.е. более 0,005 мм).

Таким образом, зная коэффициент сбega и число фракций, можно определить объемную долю первой фракции (из уравнения 3)

и затем каждую последующую как произведение предыдущей на коэффициент сбега. Суммарный объем всех фракций после округления до целых чисел должен быть равен 100%.

Объемные доли (частные остатки) всех фракций переводят в полные остатки и строят графики предельных кривых плотных смесей. Для этого полные остатки откладывают на оси ординат в масштабе натуральных чисел, а размеры сит – в логарифмическом масштабе.

Для построения кривых приняты размеры ячеек сит, последовательно уменьшающиеся вдвое; в результате сита не всегда совпадают со стандартными. Поэтому точки расположения размеров стандартных сит, откладываемые на оси абсцисс, находят по формуле:

$$X = 3.32 \cdot Iq \frac{d_6}{d_x} \cdot m \quad (5)$$

где x – расстояние по оси абсцисс между точками, соответствующими размерам сит, мм;

d_6 – размер отверстия большего сита, ближайшего к тому, местоположение которого определяется, мм

d_x – размер отверстия сита, местоположение которого определяется на ином сите, мм;

m – масштаб шкалы сит (расстояние между точками, отвечающими размерам соседних идеальных сит), мм.

Из точек, отвечающих размерам стандартных сит на оси абсцисс, восстанавливают перпендикуляры до пересечения с предельными кривыми. Расстояние по ним между предельными кривыми соответствует пределам полных остатков на стандартных ситах.

Проектирование асфальтобетона состоит из пяти этапов:

- анализ условий эксплуатации;
- анализ исходных материалов и возможности их использования в асфальтобетонных смесях;
- разработка технологии приготовления, укладки и уплотнения асфальтобетонной смеси, назначение технологического регламента производства работ;
- подбор состава асфальтобетонной смеси, включающий в себя расчетную часть и пробный замес;

– экономические соображения и расчеты, позволяющие при наличии двух и более равноценных технически вариантов выбрать из них один наиболее экономичный и рекомендовать его для производства работ.

Основные этапы расчета состава асфальтобетона

Этап I. Выбор вида и типа проектируемого асфальтобетона.

Этап II. Выбор и оценка качества исходных материалов (щебня, песка, минерального порошка, битума) для проектируемого асфальтобетона.

Этап III. Расчет зернового состава минеральной части асфальтобетона.

Этап IV. Определение оптимального количества битума.

Этап V. Приготовление асфальтобетонной смеси и формование образцов асфальтобетона.

Этап VI. Определение физико-механических свойств контрольных образцов и сопоставление с требованиями ГОСТ 9128-2013 для проектируемого асфальтобетона.

Заключение по составу асфальтобетона.

Выбор вида, типа и марки асфальтобетона

По ГОСТ 9128-2013 «Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов» выбирается вид, тип и марка асфальтобетона в зависимости от категории дороги, климатической зоны, условий эксплуатации дороги. Необходимо четко обосновать выбор вида и типа асфальтобетона.

Структура асфальтобетона выбирается в зависимости от условий эксплуатации дороги, типа асфальтового бетона и структуры покрытия. Приводятся характеристики выбранного вида, типа, марки и структуры асфальтобетона.

Выбор и проверка качества исходных материалов и их назначение в асфальтовом бетоне

Выбранный асфальтовый бетон, его вид, тип, марка и структура определяют требования к физико-механическим свойствам и гранулометрии каменных материалов, и также к марке битума.

Поэтому в данном разделе дается характеристика выбранных исходных материалов, сопоставляются их свойства с требованиями

ГОСТов, дается определение каждому материалу и объясняется его роль в асфальтобетоне.

Расчет зернового состава минеральной части асфальтобетона

Расчет заключается в определении соотношения между щебнем различных фракций, природным и искусственным песком и минеральным порошком, обеспечивающего получение плотной минеральной смеси, полные остатки которой находятся между рекомендуемыми пределами для данного типа смеси по ГОСТ 9128-2013.

Зерновой состав минеральной части асфальтобетонной смеси заданного вида и типа должен соответствовать требованиям ГОСТ 9128-13.

Подбор состава минеральной части из имеющихся компонентов (щебня или гравия, песка и минерального порошка) начинают с установления нормативных пределов содержания фракций: крупнее 5 мм (зерен щебня или гравия) и мельче 0,071 мм (тонкоизмельченных зерен минерального порошка).

Например, для мелкозернистой смеси типа Б нормативные пределы содержания фракций крупнее 5 мм – 40–50 %, мельче 0,071 мм – 6–12 %.

Имеющийся щебень (гравий), как правило, содержит зерна крупнее и мельче 5 мм, а минеральный порошок – зерна крупнее и мельче 0,071 мм. Следовательно, фактическое содержание зерен крупнее 5 мм в щебне (гравии) и мельче 0,071 мм в минеральном порошке оказывается меньше 100 %.

С учетом вышеизложенного нормативный предел содержания щебня (гравия) и минерального порошка необходимо пересчитать.

Например, имеющийся щебень содержит 10% зерен размером менее 5 мм, а минеральный порошок имеет 20% зерен крупнее 0,071 мм. Тогда для смеси типа Б расчетные пределы будут равны:

$$\text{Щ}_н = 100 \cdot 40/90 = 44,4\%$$

$$\text{Щ}_в = 100 \cdot 50/90 = 55,6 \%$$

$$\text{М}_{пн} = 100 \cdot 6/80 = 7,5 \%$$

$$\text{М}_{пв} = 100 \cdot 12/80 = 15,0 \%,$$

где Π_n , Π_v , $M_{\Pi n}$, $M_{\Pi v}$ – нижние и верхние пределы содержания фракций крупнее 5 мм (щебень) и мельче 0,071 мм (минеральный порошок), % массы минеральной части.

Очевидно, что содержание песка Π , % массы, можно рассчитать по формуле:

$$\Pi = 100 - \Pi - \text{МП} \quad (6)$$

Возможные варианты состава минеральной части могут быть получены следующим образом. Разделим интервал расчетных предельных значений содержания щебня (гравия) и минерального порошка на несколько шагов. Например, для расчетных пределов, приведенных выше, расчетные значения содержания компонентов равны:

$$\Delta\Pi = (55,6 - 44,4) / 2 = 5,6\%;$$

$$1. \Pi = 44,4\%, \quad 1. \text{МП} = 7,50\%;$$

$$2. \Pi = 50,0\% \quad 2. \text{МП} = 11,25\%;$$

$$3. \Pi = 55,6\%. \quad 3. \text{МП} = 15,00\%.$$

$$\Delta\text{МП} = (15,0 - 7,5) / 2 = 3,75\%;$$

$$1. \text{МП} = 7,50\%;$$

$$2. \text{МП} = 11,25\%;$$

$$3. \text{МП} = 15,00\%.$$

Найденные выше расчетные значения щебня и минерального порошка позволяют образовать $3 \times 3 = 9$ сочетаний, представляющих варианты составов минеральной части. Содержание песка определяют по формуле (1).

Выбор оптимального зернового состава каждого варианта минеральной части осуществляют в следующем порядке:

– проводим расчет зернового состава каждого варианта минеральной части. Для этого:

а) выражаем зерновые составы компонентов (щебня или гравия, песка, минерального порошка) в виде полных проходов на ситах, % массы;

б) умножаем полные проходы каждого компонента на его содержание в смеси, выраженное в долях единицы массы;

в) складываем полученные полные проходы всех компонентов на каждом сите;

– сопоставляем полученные зерновые составы каждого варианта с требуемыми пределами содержания фракций и наносим графическое изображение кривых зернового состава на графики соответствующих предельных кривых;

– анализируя полученные результаты, отбрасываем те варианты составов, которые не укладываются в область, ограниченную данными предельными кривыми;

– для каждого из оставшихся вариантов состава минеральной части экспериментально определяем межзерновую пустотность смеси в насыпном состоянии.

Выбираем в качестве оптимального тот вариант состава минеральной части, который имеет наименьшую межзерновую пустотность и, следовательно, удовлетворяет двум условиям: прохождение зернового состава в заданной области и наибольшая плотность (наименьшая пустотность). Если оказалось несколько конкурирующих вариантов, то выбор оптимального производят при определении содержания битума.

Определение оптимального содержания битума

Оптимальное содержание битума можно определить двумя способами.

I способ. По битумоемкости минеральных зерен (метод ХА-ДИ).

II способ. По фактической пористости минерального остова стандартных образцов асфальтобетона.

I способ основан на определении удельной битумоемкости каждой фракции минеральной смеси с учетом петрографической характеристики исходной горной породы щебня, песка и минерального порошка и пофракционной битумоемкости этих пород.

II способ является экспериментальным. Оптимальное содержание битума в асфальтобетоне вычисляют с учетом фактической пористости минерального остова стандартных образцов асфальтобетона, приготовленных в лаборатории по рассчитанному составу минеральной части и заданной остаточной пористости проектируемого асфальтобетона по ГОСТ 9128-2013, с учетом климатических условий района строительства.

Приготовление асфальтобетонной смеси и формование образцов

Для определения физико-механических свойств асфальтобетона необходимо приготовить асфальтобетонную смесь и изготовить 6 образцов цилиндрической формы.

Определение физико-механических свойств асфальтобетона

- Определение средней плотности асфальтобетона.
- Определение водонасыщения асфальтобетона.
- Определение предела прочности асфальтобетона при сжатии.

Сопоставление свойств контрольных образцов с требованиями стандарта

Результаты испытаний контрольных образцов, приготовленных из смесей с различным содержанием битума, записываются и сопоставляются с требованиями ГОСТ 9128-2013. Выбирают для производства состав, соответствующий по свойствам рекомендациям стандарта.

Если свойства контрольных образцов не соответствуют нормативным требованиям для проектируемой смеси, то необходимо проанализировать причины и провести корректировку состава.

2. ЗАДАНИЕ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

В рамках выполнения курсовой работы необходимо реализовать методику многовариантного проектирования состава дорожного асфальтобетона с использованием нормативных предельных кривых зернового состава минеральной части в MS Excel, MathCad и языка программирования VBA.

1. Исходные данные:

Техническая категория автомобильной дороги – II

Дорожно-климатическая зона района строительства – II

Проектная конструкция дорожной одежды (толщина, см):
однослойное автомобильное покрытие – 8

верхний слой основания из асфальтобетона – 12

Характер движения автотранспорта – равномерное (перегон)

Плановые сроки строительства участка дороги – июнь-июль

2. Анализ исходных данных

Исходя из проектной конструкции дорожной одежды, принимаем для покрытия плотный, для основания – высокопористый асфальтобетон.

Исходя из толщины слоев, принимаем максимальную крупность зерен:

– для покрытия – мелкозернистую смесь с крупностью до 20 мм;

– для основания – крупнозернистую смесь с крупностью до 40 мм.

Исходя из плановых сроков строительства в наиболее благоприятный летний период, принимаем горячие смеси.

Исходя из характера движения автотранспорта, принимаем смесь тип Б для покрытия.

Исходя из технической категории дороги, принимаем смеси не ниже II марки.

3. Техническое задание

Подобрать составы горячих асфальтобетонных смесей:

– для плотного асфальтобетона – мелкозернистый тип Б, II марки;

– для высокопористого асфальтобетона – крупнопористый, II марки; Показатели физико-механических свойств асфальтобетонов должны соответствовать требованиям ГОСТ 9128-13.

Таблица 1

Исходные данные для проектирования минеральной части асфальтобетона

№ вар.	Щебень					Песок						Мин. порошок				тип а/б
	20	15	10	5	2,5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071	0,16	0,071	месе 0,071		
1	5	7	27,3	53,4	7,7	8,5	35,3	26,7	16,6	10,8	2,1	10,0	10,0	80,0	А	
2	3,0	17,0	20,1	52,0	7,9	8,7	35,3	26,4	16,4	11,0	2,2	5,0	15,6	79,4	Б	
3	-	12,0	28,9	51,0	8,1	8,9	35,3	26,1	16,2	11,2	2,3	11,2	10,0	78,8	В	
4	2,0	17,3	22,4	50,0	8,3	9,1	35,3	25,8	16,0	11,4	2,4	6,8	15,0	78,2	Бх	
5	2,5	15,0	25,0	49,0	8,5	9,3	35,3	25,5	15,8	11,6	2,5	7,4	15,0	77,6	Вх	
6	3,3	17,0	20,0	48,0	8,7	9,5	35,3	25,2	15,6	11,8	2,6	3,0	20,3	77,0	А	
7	-	20,0	24,1	47,0	8,9	9,7	35,3	24,9	15,4	12,0	2,7	3,6	20,0	76,4	Б	
8	4,9	15,0	25,0	46,0	9,1	9,9	35,3	24,6	15,2	12,2	3,8	4,2	20,0	75,8	В	
9	3,2	20,0	22,0	45,0	9,8	10,1	35,3	24,3	15,0	12,4	2,9	5,8	19,0	75,2	Бх	
10	2,5	20,0	24,0	44,0	9,5	10,3	35,3	24,0	14,8	12,6	3,0	5,4	20,0	74,6	Вх	
11	-	12,3	35,0	43,0	9,7	10,5	35,3	23,7	14,6	12,8	3,1	6,0	20,0	74,0	А	
12	-	18,1	30,0	42,0	9,9	10,7	35,3	23,4	14,4	13,0	3,2	6,6	20,0	73,4	Б	
13	-	10,8	38,1	41,0	10,1	10,9	35,3	23,1	14,2	13,2	3,3	8,2	19,0	72,8	В	
14	-	11,6	38,1	40,0	10,3	11,1	35,3	22,8	14,0	13,6	3,2	7,8	20,0	72,2	Бх	
15	-	14,3	36,2	39,0	10,5	11,3	35,7	22,5	13,8	13,6	3,1	9,4	19,0	71,6	Вх	
16	3,2	10,0	33,3	44,0	9,5	13,3	37,7	19,5	11,3	15,6	2,6	5,8	19,0	75,2	А	
17	2,3	10,0	35,0	43,0	9,7	13,5	37,7	19,2	11,6	15,8	2,2	3,2	21,0	75,8	Б	
18	3,1	15,0	30,0	42,0	9,9	14,7	36,7	18,9	11,4	16,0	2,3	5,6	18,0	76,4	В	
19	-	10,8	38,1	41,0	10,1	13,9	37,7	18,6	11,2	16,2	2,4	4,0	19,0	77,0	Бх	
20	1,6	10,0	38,1	40,0	10,3	14,1	37,5	18,5	11,0	16,4	2,5	3,4	19,0	77,6	А	
21	-	14,3	36,2	39,0	10,5	15,3	36,7	18,0	10,8	16,6	2,6	1,8	20,0	78,2	Б	
22	3,2	10,0	33,3	44,0	9,5	8,5	35,3	26,7	16,6	10,8	2,1	4,6	16,0	79,4	В	
23	4,0	10,1	42,0	33,3	10,6	9,1	35,3	25,8	16,0	11,4	2,4	2,1	19,1	78,8	Бх	
24	3,5	10,2	50,0	28,0	8,3	8,7	35,3	26,4	16,4	11,0	2,2	3,0	17,0	80,0	Вх	
25	4,1	10,2	36,2	38,0	11,5	10,1	35,3	24,3	15,0	12,4	2,9	7,2	21,8	71,0	А	
26	1,5	10,1	28,1	40,0	10,3	10,3	35,3	24,0	14,8	12,6	3,0	4,4	21,0	74,6	Б	
27	0,8	10,0	38,1	41,0	10,1	10,5	35,3	23,7	14,6	12,8	3,1	5,1	20,8	74,1	В	
28	1,6	9,0	34,4	42,8	12,2	10,9	35,3	23,1	14,2	13,2	3,3	6,4	20,8	72,8	Бх	
30	2,5	11,5	30,0	47,9	8,1	8,5	35,2	26,8	16,6	10,9	2,0	1,1	20,0	78,9	Вх	

3. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Пояснительная записка курсовой работы (далее – курсовая работа) – инженерно-технический документ, содержащий систематизированные данные о решении учебной инженерной задачи.

1. Структура курсовой работы

Структурными элементами курсовой работы являются:

- **Титульный лист**
- **Задание на курсовую работу** (выдается преподавателем).
- **Аннотация**
- **Содержание**
- **Введение**
- **1. Описание поставленной задачи и метода ее решения**
- **2. Реализация задачи в MS Excel**
- **3. Реализация задачи в MathCad**
- **4. Реализация задачи средствами Visual Basic for**

Applications

- **Заключение**
- **Список литературы**

Обратите внимание:

- структурные элементы пояснительной записки, определяющие основную тему работы, нумеруются,
- стандартные (не зависящие от темы работы) структурные элементы номеров не имеют.

Оформление заголовков с номерами и без номеров, отличается.

Титульный лист является первой страницей курсовой работы, на котором указываются следующие сведения:

- Наименование учебного заведения
- Наименование вышестоящего министерства
- Наименование кафедры
- Название дисциплины
- Тема курсовой работы
- Фамилия и инициалы автора курсовой работы
- Должность, фамилия и инициалы руководителя курсовой работы

- Место и дата выполнения курсовой работы
Образец титульного листа представлен на рисунке 1.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра информатики и компьютерных технологий

КУРСОВАЯ РАБОТА

По дисциплине Информатика
(наименование учебной дисциплины, согласно учебному плану)

Тема работы Решение базовых геодезических задач

Выполнил: студент гр.
(шифр группы) (подпись) **Фамилия И.О.**
(Ф.И.О.)

Оценка:

Дата:

Проверил
руководитель работы:
(должность) (подпись) **Фамилия И.О.**
(Ф.И.О.)

Санкт-Петербург
2018

Рис. 1. Образец оформления титульного листа

2. Параметры страницы и текста

Пояснительная записка выполняется на одной стороне листов формата А4 (размером 297×210 мм.).

Поля для страницы должны быть: верхнее, нижнее – 2 см., правое – 1 см., левое – 2 см.

Основной шрифт текста в документе – Times New Roman, размер 12 пт., начертание обычное. Выравнивание текста – по ширине страницы. Междустрочные интервалы – полуторные. Интервалы между абзацами (перед – после) – 0!

Перенос слов – автоматический.

Опечатки и графические неточности допускается исправлять подчисткой и закрасиванием корректором и нанесением на том же месте исправленного текста (части рисунка) печатным или рукописным способом, черным цветом.

Абзацный отступ равен 1,25 см.

3. Основные структурные элементы

- Аннотация
- Содержание
- Введение
- Заключение
- Список литературы
- Приложения (если есть)

Начинаются с новой страницы, без номера в заголовке.

Заголовок основных структурных элементов работы: записывается прописными (заглавными) буквами шрифт Times New Roman 12, начертание – полужирное, выравнивание – по центру страницы. Без абзацного отступа. Интервал между абзацами (после) – двойной (12 пт.), междустрочный - одинарный. В конце точка не ставится. Пример на рисунке 2.

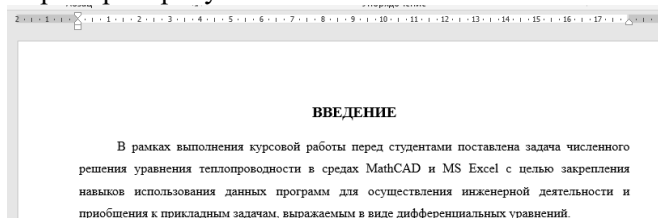


Рис. 2. Образец оформления заголовка основного структурного элемента

4. Разделы

Каждый раздел начинается с новой страницы.

Заголовки должны кратко и четко отражать содержание разделов.

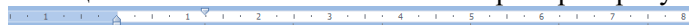
Заголовки записываются прописными (заглавными) буквами шрифт Times New Roman 12, начертание – полужирное, выравнивание – по левому краю страницы (С АБЗАЦНЫМ ОТСТУПОМ).

Интервал между абзацами (после двойной (12 пт.). Интервал междустрочный – одинарный. Междустрочные интервалы в заголовке, состоящем из двух и более строк, одинарные.

Переносы слов, подчеркивание в заголовках не допускаются.

Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

В конце заголовка точка не ставится. Пример на рисунке 3.



1 ЗАГОЛОВОК ПЕРВОГО РАЗДЕЛА

...

2 ЗАГОЛОВОК ВТОРОГО РАЗДЕЛА

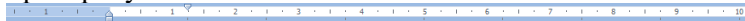
...

Рис. 3. Образец оформления заголовка раздела

Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа.

5. Подразделы

Подразделы нумеруются в пределах каждого раздела. Номер подраздела и раздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Пример на рисунке 4.



1 ЗАГОЛОВОК ПЕРВОГО РАЗДЕЛА

1.1 Заголовок первого подраздела первого раздела

1.2 Заголовок второго подраздела первого раздела

2 ЗАГОЛОВОК ВТОРОГО РАЗДЕЛА

2.1 Заголовок первого подраздела второго раздела

2.2 Заголовок второго подраздела второго раздела

Рис. 4. Образец оформления заголовка подраздела

Следующий подраздел продолжается на той же странице, что и предыдущий.

Записываются строчными буквами, начиная с прописной, шрифт Times New Roman 14, начертание – полужирное, выравнивание – по левому краю страницы

С абзацным отступом. Интервал после заголовка подраздела полуторный (9 пт).

Междустрочные интервалы в заголовке, состоящем из двух и более строк, **одинарные**. Пример на рисунке 5.

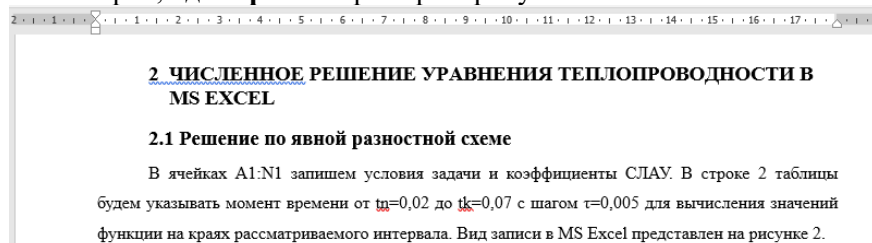


Рис. 5. Образец оформления интервалов после раздела и подраздела

6. Пункты и перечисления

Разделы, как и подразделы, могут состоять из пунктов. Нумерация пунктов ведется в пределах подраздела. Номер пункта состоит из номеров раздела, подраздела и пункта, разделенных точкой.

Оформление заголовков пунктов такое же, как и подразделов, только начертание – обычное, не полужирное.

Внутри текста могут быть приведены перечисления. Перечисления записываются с абзацного отступа. Перед каждой позицией перечисления необходимо ставить дефис. Пример на рисунке 6.

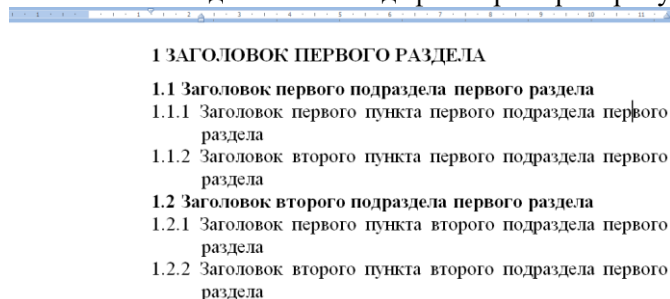


Рис. 6. Образец оформления заголовков пунктов

При необходимости ссылки в тексте документа на отдельные перечисления вместо дефиса ставится буква русского или латинского алфавита, после которой ставится скобка. Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка: Пример на рисунке 7.

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - красный; - оранжевый; - желтый; - зеленый; - голубой; - синий; - фиолетовый. | <ul style="list-style-type: none"> а) обои: <ul style="list-style-type: none"> 1) бумажные; 2) виниловые; 3) флизелиновые. б) напольные покрытия: <ul style="list-style-type: none"> 1) линолеум; 2) паркет; 3) ламинат. |
|--|--|

Рис. 7. Образец оформления перечисления в тексте

7. Оформление рисунков

Количество иллюстраций должно быть достаточно для пояснения текста. Иллюстрации должны находиться после абзаца с первым упоминанием о них, а если не помещаются - на следующей странице. Иллюстрации следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией, например: «Рисунок 1». Допускается нумерация рисунков в пределах раздела. В этом случае номер рисунка состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой, например: «Рисунок 1.1». Пример на рисунке 8. При ссылке на рисунки следует писать: ... в соответствии с рисунком 2:

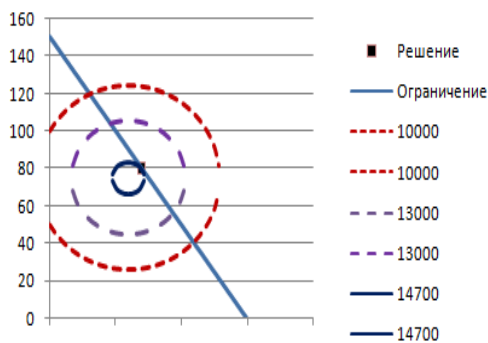


Рис. 8. Графическое решение задачи

Кроме номера, рисунки должны иметь название, кратко и точно отражающее содержание иллюстрации. Точка в конце названия не ставится.

Формат подписи к рисунку: шрифт Times New Roman, размер 12, начертание обычное, выравнивание – по центру строки. Междустрочный интервал в названиях из нескольких строк равен 1.

После названия рисунка перед текстом интервал двойной (12 пт).

8. Оформление формул

Формулой считают любую последовательность, состоящую не менее, чем из двух символов, которая не является словом в каком-либо языке. Для записи формул следует использовать приложение Microsoft Equation (рис. 9).

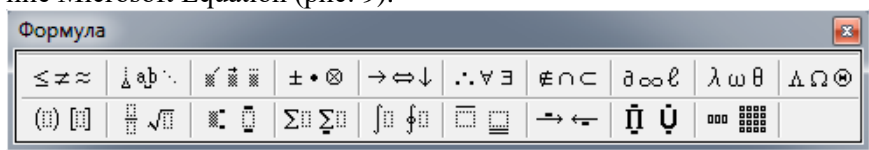


Рис. 9. Панель приложения Microsoft Equation

В формулах в качестве символов следует применять стандартные обозначения. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, должны быть приведены непосредственно под формулой, если они не пояснены ранее. Пояснение каждого символа следует давать с новой строки в той же последовательности, в которой они приведены в формуле. Пояснения должны начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Как правило, каждая формула записывается на отдельной строке и выравнивается по центру строки (рис. 10).

Полная энергия физического тела равна:

$$E = m \cdot C^2 \quad (2)$$

где

E – энергия объекта,

m – его масса,

C – скорость света в вакууме, равная 299792458 м/с.

Рис. 10. Образец оформления формулы и пояснения к ней

Одноуровневые формулы (в которых все символы одного размера, без индексов), на которые нет ссылок в тексте, могут располагаться непосредственно в предложении. Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют (рис. 11).

$$\begin{aligned} F(x_1, x_2) &= -x_1^2 - 2 \cdot x_2^2 + 120 \cdot x_1 + 300 \cdot x_2 = \\ &= -x_1^2 - 2 \cdot (150 - x_1)^2 + 120 \cdot x_1 + 300 \cdot (150 - x_1) = \quad (2) \\ &= -3 \cdot x_1^2 + 420 \cdot x_1 \end{aligned}$$

Рис. 11. Образец оформления переноса формулы

Формулы должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые выравнивают по правому краю строки с формулой в круглых скобках. Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой.

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в круглых скобках, например: **подставим выражение (7) в целевую функцию (3). В результате получим одномерную задачу безусловной оптимизации.**

9. Нумерация страниц и оглавление

Страницы курсовых работ следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту, включая приложения. Формат номеров страниц: шрифт Times New Roman размером 12 пт., начертание обычное. Номера страниц проставляются внизу, выравнивание – по центру страницы.

Номера страниц на титульном листе и на листе с заданием не проставляются, но включаются в общую нумерацию.

Содержание, включает номера и наименования разделов и подразделов (до третьего уровня включительно) с указанием номеров страниц. Слово «Содержание» записывается в виде заголовка по центру текста, прописными буквами. Наименования, включенные в содержание, записываются строчными буквами, начиная с прописной.

10. Оформление таблиц

Таблицы используют для лучшей наглядности и удобства сравнения данных. Таблицы помещают в тексте в порядке ссылки на них, по окончании того абзаца, в котором таблица в первый раз была упомянута, или на следующей странице.

Таблицы нумеруются арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номеров раздела и таблицы, разделенных точкой, например, «Таблица 1.1». Форматирование номера таблицы: шрифт Times New Roman, размером 12 пт., начертание обычное. Выравнивание – по центру страницы, без абзацного отступа. После номера точка не ставится.

Название таблицы должно кратко и точно отражать ее содержание. Название, выровненное по центру строки, помещают над таблицей. Точка в конце названия не ставится. Междустрочный интервал одинарный, после абзаца – полуторный (9 пт.) Пример на рисунке 12.

Таблица 5.1 - Среднее содержание (г/т) минералов редких элементов в некоторых петрографических разновидностях гранитоидов

Минерал	<u>Гранодиориты</u> (50 проб) $\bar{x} \pm \lambda$	Граниты биотитовые (150 проб) $\bar{x} \pm \lambda$	<u>Граниты</u> <u>милано-кратовые</u> (56 проб) $\bar{x} \pm \lambda$
<u>Танталониобаты</u>	0,09 ± 0,17	0,64 ± 0,61	0,38 ± 0,097
<u>Эвксенит</u>	-	0,64 ± 0,68	0,44 ± 0,67
<u>Колумбит</u>	-	2,25 ± 3,10	8,60 ± 6,37
<u>Ильменорутит</u>	0,11 ± 0,16	1,27 ± 1,56	10,56 ± 3,45

Рис. 12. Образец оформления таблицы

При переносе части таблицы на другую страницу название помещают только над первой частью таблицы, а перед номером второй части таблицы пишут слово «Продолжение», например: «Продолжение табл. 1».

11. Содержание

Формируется автоматически. Пример на рисунке 13.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Текстовый процессор	5
1.1. Базовые возможности	5
1.1.1. Основные понятия	7
1.1.2. Форматирование текста	15
1.1.3. Работа с окнами	22
1.2. Работа с текстом	30
2. Табличный процессор	35

Рис. 13. Образец оформления содержания

12. Замечания по заголовкам и решению

1. Стиль заголовков изменяется по ходу работы.
2. Один стиль для заголовков разделов и подразделов.
3. Выравнивание заголовков без номера – по левому краю, заголовков с номером – по центру.
4. Интервал в заголовках из двух и более строк больше единицы.
5. Нарушена нумерация разделов и подразделов.
6. Несовпадение данных расчетов по различным методам, способам (аналитическим, графическим, имитационным и т.д.).
7. Названия разделов не по заданию.
8. Отсутствует нумерация разделов и подразделов.
9. Интервалы до и после заголовков неправильные (изменяются по ходу работы).
10. Новый раздел не с новой страницы. Подраздел с новой страницы.
11. Содержание раздела не соответствует заданию.
12. Программа не соответствует алгоритму.

13. Замечания по формулам (решению задачи)

1. Формулы в тексте.
2. Интервалы до и после формулы неодинаковые (неправильные).
3. Формулы – не по центру страницы.
4. Формула без номера (номер неправильный).
5. Нет пояснений, откуда взяты формулы и данные.

6. Номер формулы не выровнен по правому краю.
7. Формулы набраны не в MS Equation.
8. Сумма вероятностей не равна 1.
9. Ошибка в расчетах.
10. Решение задачи – не до конца (не полностью).

14. Замечания по оформлению

1. Нумерация страниц не внизу, не по центру, или отсутствует.
2. Неправильные величины полей сверху-снизу-слева-справа.
3. Нет ссылок на заимствования (на литературу).
4. Использование не указанных в задании программных средств.
5. Заключение меньше половины страницы.
6. Процент оригинальности текста пояснительной записки меньше установленного.
6. Год на титульном листе прошлый.
7. Подписи к таблицам и рисункам жирные.
8. Графики построены неправильно (с ошибками).
9. Нет исходных данных для построения графиков.
10. Рисунок, таблица выровнены не по центру.
11. Таблица без заголовка (рисунок без подписи).
12. Междустрочный интервал в заголовках таблиц и подписях к рисункам в две и более строки – не равен 1.

4. РЕКОМЕНДУЕМЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Грошев, А.С.* Информатика [Электронный ресурс]: учебник для вузов / А.С. Грошев; Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 484 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428591>. – Загл. с экрана.
2. *Грошев, А.С.* Информационные технологии [Электронный ресурс]: лабораторный практикум / А.С. Грошев; Берлин: Директ-Медиа. – Москва, 2015. – 285 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=434666>. – Загл. с экрана.
3. *Уокенбах, Джон.* Microsoft Excel. Библия пользователя. – М.: ООО «ИД Вильямс», 2015. – 1040 с.
4. *Гриневич, Н.А.* Дорожно-строительные материалы: учеб. пособие. – Екатеринбург: Уральский гос. лесотехнический ун-т., 2006. – 97 с.
5. *Грушко, И.М.* Дорожно-строительные материалы: учебник для студ. автомобильно-дорожных специальностей вузов. М.: Интеграл, 2013. – 384 с.
6. *Рыбьев, И.А.* Строительное материаловедение: учеб. пособие для бакалавров: для студентов строительных специальностей. 4-е изд. М.: Юрайт, 2012. – 701с.
7. СП 78.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85.
8. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия.
9. ГОСТ 22245-90. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия.
10. ГОСТ 9128-2009. Смеси асфальтобетонные, асфальтобетон, для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПРИМЕР РЕЗУЛЬТАТА

Таблица 2

Зерновые составы рассматриваемых составов

№ со-става	Состав	Со-дер-жа-ние, %	Размер зрел, мм, мельче									
			20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
	Требования ГОСТ 9128-09, тип Бх		90-100	85-100	70-100	50-60	33-46	21-38	15-30	10-22	9-16	8-12
Исх. мате-риал	Щебень	100	100	88,4	50,3	10,3	0	0	0	0	0	0
	Песок	100	100	100	100	100	88,9	53,6	30,8	16,8	3,2	0
	Мин. порошок	100	100	100	100	100	100	100	100	100	92,2	72,2
№1	Щебень	44,6	44,6	39,43	22,43	4,6	0	0	0	0	0	0
	Песок	44,32	44,32	44,32	44,32	44,32	39,4	23,75	13,65	7,45	1,42	0
	Мин. порошок	11,08	11,08	11,08	11,08	11,08	11,08	11,08	11,08	11,08	10,22	8,0
	Сумма	100	100	94,83	77,83	60,0	50,48	34,83	24,73	18,53	11,64	8,0
№2	Щебень	44,6	44,6	39,43	22,43	4,6	0	0	0	0	0	0
	Песок	41,55	41,55	41,55	41,55	41,55	36,94	22,27	12,80	7,00	1,33	0
	Мин. порошок	13,85	13,85	13,85	13,85	13,85	13,85	13,85	13,85	13,85	12,77	10,0
	Сумма	100	100	94,83	77,83	60,0	50,79	36,12	26,65	20,85	14,1	10,0
№3	Щебень	44,6	44,6	39,43	22,43	4,6	0	0	0	0	0	0
	Песок	38,78	38,78	38,78	38,78	38,78	34,48	20,79	11,94	6,52	1,24	0
	Мин. порошок	16,62	16,62	16,62	16,62	16,62	16,62	16,62	16,62	16,62	15,32	12,0
	Сумма	100	100	94,83	77,83	60,0	51,1	37,41	28,56	23,14	16,56	12,0
№4	Щебень	50,2	50,2	44,38	25,25	5,17	0	0	0	0	0	0
	Песок	38,72	38,72	38,72	38,72	38,72	34,42	20,75	11,93	6,50	1,24	0
	Мин. порошок	11,08	11,08	11,08	11,08	11,08	11,08	11,08	11,08	11,08	10,22	8,0
	Сумма	100	100	94,18	75,05	54,97	45,5	31,83	23,01	17,58	11,46	8,0
№5	Щебень	50,2	50,2	44,38	25,25	5,17	0	0	0	0	0	0
	Песок	35,95	35,95	35,95	35,95	35,95	31,96	19,27	11,07	6,04	1,15	0
	Мин. порошок	13,85	13,85	13,85	13,85	13,85	13,85	13,85	13,85	13,85	12,77	10,0
	Сумма	100	100	94,18	75,05	54,97	45,81	33,12	24,92	19,89	13,92	10,0
№6	Щебень	50,2	50,2	44,38	25,25	5,17	0	0	0	0	0	0
	Песок	33,18	33,18	33,18	33,18	33,18	29,50	17,78	10,22	5,57	1,06	0
	Мин. порошок	16,62	16,62	16,62	16,62	16,62	16,62	16,62	16,62	16,62	15,32	12,0
	Сумма	100	100	94,18	75,05	54,97	46,12	34,4	26,84	22,19	16,38	12,0
№7	Щебень	55,7	55,7	49,24	28,02	5,74	0	0	0	0	0	0
	Песок	33,22	33,22	33,22	33,22	33,22	29,53	17,81	10,23	5,58	1,06	0
	Мин. порошок	11,08	11,08	11,08	11,08	11,08	11,08	11,08	11,08	11,08	10,22	8,0
	Сумма	100	100	93,54	72,32	50,04	40,61	28,89	21,31	16,66	11,28	8,0

Продолжение таблицы 2

№ состава	Состав	Содержание, %	Размер зерен, мм, мельче									
			20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
	Требования ГОСТ 9128-09, тип Бх		90-100	85-100	70-100	50-60	33-46	21-38	15-30	10-22	9-16	8-12
№8	Щебень	55,7	55,7	49,24	28,02	5,74	0	0	0	0	0	0
	Песок	30,45	30,45	30,45	30,45	30,45	27,07	16,32	9,38	5,12	0,97	0
	Мин. порошок	13,85	13,85	13,85	13,85	13,85	13,85	13,85	13,85	13,85	12,77	10,0
	Сумма	100	100	93,54	72,32	50,04	40,92	30,17	23,23	18,97	13,74	10,0
№9	Щебень	55,7	55,7	49,24	28,02	5,74	0	0	0	0	0	0
	Песок	27,68	27,68	27,68	27,68	27,68	24,61	14,84	8,53	4,65	0,89	0
	Мин. порошок	16,62	16,62	16,62	16,62	16,62	16,62	16,62	16,62	16,62	15,32	12,0
	Сумма	100	100	93,54	72,32	50,04	41,23	31,46	25,15	21,27	16,21	12,0

Требованиям ГОСТ 9128-13 отвечают составы под номером №4; 5; 7; 8.

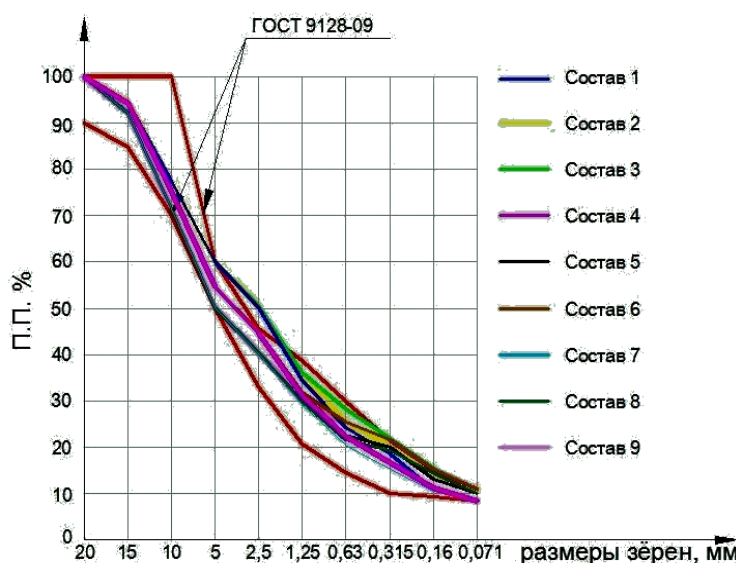


Рис. 14. Предельные кривые минеральной части асфальтобетонных смесей

Таким образом, из девяти рассматриваемых составов минеральной части холодной асфальтобетонной смеси тип Бх оптимальным является состав №4, так как он полностью подходит под норма-

тивы ГОСТ 9128-13, входит в область стандартных предельных кривых и имеет наименьшее содержание минерального порошка.

Однако окончательное решение по составу минеральной части асфальтобетона можно будет принять после установления оптимального содержания битума в смеси, изготовления асфальтобетонных образцов и определения физико-механических свойств асфальтобетона.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Определение оптимального состава асфальтобетона	3
2. Задание к курсовой работе	14
3. Требования к оформлению пояснительной записки	16
4. Рекомендуемый библиографический список.....	27
Приложение 1. Пример результата	28

**ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННО-
КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА МАТЕРИАЛОВ

*Методические указания к курсовой работе
для студентов бакалавриата направления 22.03.01*

Сост.: *Т.В. Сарапулова, А.А. Кочнева, Е.Г. Дементьева*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
информатики и компьютерных технологий

Ответственный за выпуск *Т.В. Сарапулова*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 06.02.2023. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 1,8. Усл.кр.-отт. 1,8. Уч.-изд.л. 1,5. Тираж 50 экз. Заказ 73.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2