

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автомобильные дороги»

# СТРОИТЕЛЬСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

*Методические рекомендации к практическим занятиям  
для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги»  
очной и заочной форм обучения*

Часть 2



Могилев 2019

УДК 625.7/8  
ББК 39.31/32  
С 86

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Автомобильные дороги» «03» апреля 2019 г.,  
протокол № 3

Составитель ст. преподаватель Т. А. Полякова

Рецензент канд. техн. наук, доц. О. В. Голушкова

Методические рекомендации предназначены к практическим занятиям по  
дисциплине «Строительство автомобильных дорог».

Учебно-методическое издание

## СТРОИТЕЛЬСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Часть 2

Ответственный за выпуск	В. В. Кутузов
Технический редактор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 46 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2019



## Содержание

Введение.....	4
1 Практическая работа № 1. Нормы расхода основных дорожно-строительных материалов. Определение потребности в дорожно-строительных материалах для строительства автомобильных дорог.....	5
2 Практическая работа № 2. Транспортные работы в дорожном строительстве. Расчет производительности автосамосвалов, построение эпюры потребности в автосамосвалах .....	8
3 Практическая работа № 3. Контроль поперечного и продольного профилей в процессе строительства.....	11
4 Практическая работа № 4. Определение плотности асфальтобетонного покрытия.....	12
Список литературы.....	21
Приложение А.....	22



## Введение

Целью изучения учебной дисциплины «Строительство автомобильных дорог» является формирование у студентов профессиональных знаний по технологиям строительства, реконструкции и ремонта дорожных одежд всех существующих категорий автомобильных дорог на основе применения современных материалов, передовых способов строительства и производительных машин и комплексов.

Основные задачи учебной дисциплины – изучить особенности операций технологических процессов, методологию расчета ресурсов и комплектования звеньев при строительстве дорожных одежд капитального типа, требования к качеству строительства на всех этапах сооружения элементов автомобильной дороги; передовой опыт строительства автомобильных дорог и достижения науки и техники в дорожной отрасли; нормативные документы и стандарты, применяемые в расчетных и проектных работах, а также порядок контроля за соблюдением действующих норм и ведения технической документации.

Главная цель методических рекомендаций – закрепление полученных теоретических знаний в области дорожного строительства, выработка навыков работы с нормативной и справочной литературой.

Работа с методическими рекомендациями должна обеспечить формирование следующих компетенций: АК-1, АК-4, ПК-14, ПК-41, ПК-43, ПК-47.

В методических рекомендациях приведены основные теоретические материалы, примеры расчета практических задач и задания по дисциплине «Строительство автомобильных дорог» в соответствии с учебной программой для части 2 «Строительство дорожных одежд капитального типа».

# 1 Практическая работа № 1. Нормы расхода основных дорожно-строительных материалов. Определение потребности в дорожно-строительных материалах для строительства автомобильных дорог

При определении потребности основных дорожно-строительных материалов для строящейся автомобильной дороги пользуются действующими технически обоснованными нормами их расхода, приведенными в [1, 2]. Сборник 27 «Автомобильные дороги» включает нормативы на выполнение работ по сооружению новых и реконструкцию существующих автомобильных дорог общего пользования, временных автомобильных дорог, на городских улицах, площадках промышленных предприятий. В сборнике 30 «Мосты и трубы» приведены нормативы на работы по строительству мостов на автомобильных дорогах, путях метрополитена и трамвая, пешеходных мостов, водопропускных труб, лотков и др. искусственных сооружений.

Нормативы расхода ресурсов в натуральном выражении включают нормы расхода материалов, изделий и конструкций (нормы расхода материалов), нормы времени эксплуатации машин и механизмов в машино-часах (нормы эксплуатации машин), нормы затрат труда рабочих и машинистов в человеко-часах (затраты труда).

Норма расхода материала указывает его предельно допустимый расход для изготовления продукции в нормальных организационно-технических условиях при эффективном использовании средств производства и рациональном расходовании самих материалов.

Нормы используют при составлении заявочной документации в системе низового оперативного планирования и при списании материалов.

В таблицах нормативов приняты нормы расхода ресурсов на единицы измерения, приведенные в наименовании таблиц.

## Последовательность определения потребности в дорожно-строительных материалах.

1 Определяют объемы работ для устройства каждого конструктивного слоя дорожной одежды по проектным профилям в уплотненном состоянии.

Для этого вычерчивают поперечный профиль конструкции дорожной одежды автомобильной дороги в удобном масштабе с указанием всех основных размеров.

Объем работ по устройству дорожных покрытий и оснований  $V$ , м<sup>2</sup>, определяют по площади каждого конструктивного слоя по формуле

$$V = L \cdot l_{cp}, \quad (1.1)$$

где  $L$  – длина строящегося участка, м;

$l_{cp}$  – средняя линия устраиваемого слоя (обычно средняя линия трапеции), м.

Объем работ по устройству дополнительного слоя основания  $V$ , м<sup>3</sup>, определяют по формуле



$$V = L \cdot S, \quad (1.2)$$

где  $L$  – длина строящегося участка, м;

$S$  – площадь поперечного сечения дополнительного слоя, м<sup>2</sup>.

2 Определяют потребность в материалах по каждому конструктивному слою.

Потребность дорожно-строительных материалов для устройства каждого конструктивного слоя определяют по действующим нормам [1] и полученным объемам работ. При использовании данного документа выбирают необходимую таблицу с учетом вида применяемого материала и толщины слоя. Обращают внимание на приведенные единицы измерения выполняемых работ и необходимых материалов.

В случае, когда проектом предусмотрена толщина конструктивного слоя дорожной одежды, отличная от учтенной в соответствующем нормативе, расход корректируется пропорционально толщине слоя (кроме асфальтобетонных покрытий и оснований, где толщина корректируется дополнительной таблицей нормативов).

В отдельных таблицах нормативов (например, Е27-2, Е27-4 и др.) в графе нормы расхода некоторых материалов (эмульсия, грунт и т. д.) стоит буква П, которая означает, что расход материала необходимо принимать по проектным данным. В случае отсутствия проектных данных их можно принимать по таблице 1 технической части сборника.

Аналогичным образом определяется потребность в исходных материалах для выпуска полуфабрикатов на АБЗ и ЦБЗ (асфальтобетонных, цементобетонных смесей, черного щебня и т. д.).

**Пример** – Определить потребность в материалах для устройства песчаного подстилающего слоя на участке ПК0–ПК5+00 автомобильной дороги III технической категории. Толщина дорожной одежды 65 см. Толщина песчаного подстилающего слоя 35 см. Слой устраивается на всю ширину земляного полотна. Заложение откосов 1:1,75.

### Решение

Определяем ширину песчаного подстилающего слоя понизу и поверху (рисунок 1.1):

$$L_{\text{понизу}} = 0,65 \cdot 1,75 \cdot 2 + 12 = 14,27;$$

$$L_{\text{поверху}} = (0,65 - 0,35) \cdot 1,75 \cdot 2 + 12 = 13,06 \text{ м.}$$

Определяем площадь поперечного сечения

$$S = \frac{L_{\text{понизу}} + L_{\text{поверху}}}{2} \cdot h = \frac{14,27 + 13,06}{2} \cdot 0,35 = 4,10 \text{ м}^3.$$



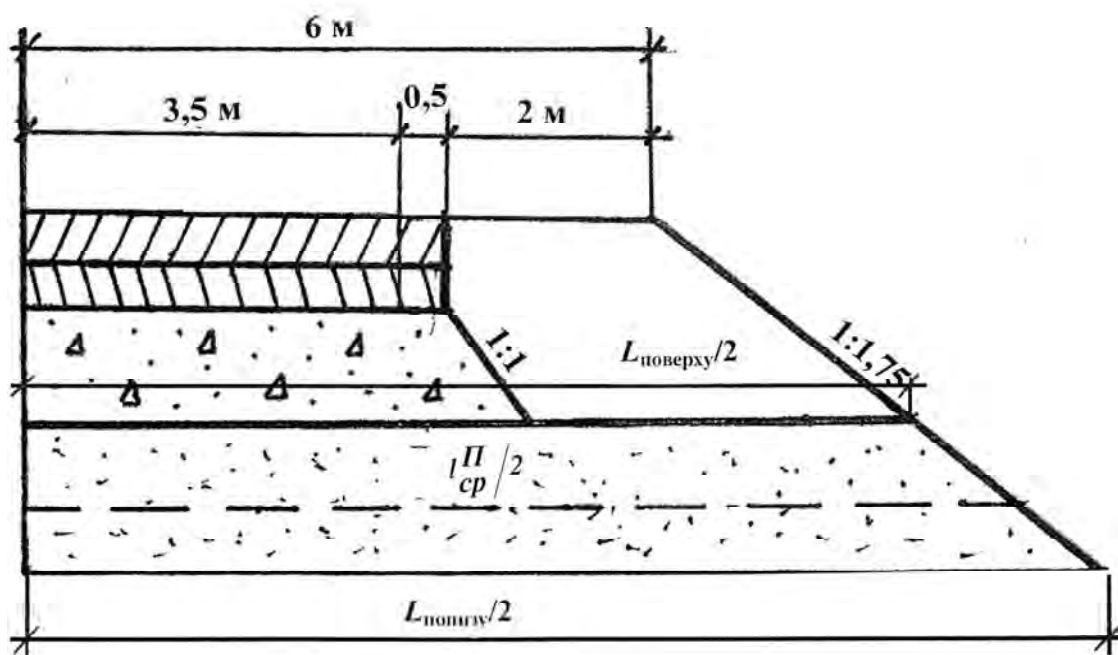


Рисунок 1.1 – Конструкция дорожной одежды автомобильной дороги

Находим объем работ

$$V = S \cdot L = 4,10 \cdot 500 = 2050 \text{ м}^3.$$

По действующим нормам по таблице E24-14-1 Устройство подстилающих и выравнивающих слоев основания из песка находим, что на  $100 \text{ м}^3$  песка в плотном теле необходимо песка для строительных работ – по проекту (П). Так как по условию задачи отсутствуют проектные данные, норму расхода принимаем по таблице 1 технической части сборника 27 –  $110 \text{ м}^3$  материала.

Следовательно, чтобы устроить песчаный подстилающий слой на ПК0–ПК5+00, необходимо завезти песка  $2255 \text{ м}^3$  ( $2050 \cdot 110 / 100 = 2255 \text{ м}^3$ ).

### Задания к практической работе.

1 Определить потребность в горячей асфальтобетонной плотной мелкозернистой смеси типа А для устройства верхнего слоя покрытия толщиной 4,5 см на дороге III технической категории длиной 5 км с применением высокотехнологичных импортных машин.

2 Определить потребность в исходных материалах для выпуска 1500 т горячей мелкозернистой плотной асфальтобетонной смеси типа Б из фракционного щебня для горячей укладки.

3 Определить потребность в материалах для устройства  $12500 \text{ м}^2$  слоя щебеночного основания методом пропитки толщиной 5 см с применением битума.

4 Определить объем работ при устройстве слоя основания из ПГС С5 толщиной 25 см для 2 км автомобильной дороги III технической категории (конструкцию дорожной одежды принять по рисунку 1.1).

## 2 Практическая работа № 2. Транспортные работы в дорожном строительстве. Расчет производительности автосамосвалов, построение эюры потребности в автосамосвалах

При поточном методе все работы выполняются специализированными подразделениями, перемещающимися по трассе в строгой технологической последовательности, как правило, с одинаковой скоростью перемещения. Каждый специализированный отряд перемещается по трассе, и поэтому находится то ближе, то дальше от источников получения материалов и полуфабрикатов. В связи с этим непрерывно изменяется дальность возки материалов и количество автосамосвалов.

Производительность автосамосвалов определяется по одной из двух формул:

– при одинаковых дорожных условиях

$$\Pi = \frac{T \cdot g \cdot K}{\frac{2L}{V} + t}; \quad (2.1)$$

– при смешанных дорожных условиях

$$\Pi = \frac{T \cdot g \cdot K}{\frac{2L'}{V'} + \frac{2L''}{V''} + t}, \quad (2.2)$$

где  $T$  – продолжительность смены,  $T = 8$  ч;

$g$  – грузоподъемность самосвала, т;

$K$  – коэффициент использования автосамосвала за смену, в расчетах можно принять  $K = 0,85$ ;

$L$  – дальность транспортирования, км;

$V$  – средняя расчетная скорость движения автосамосвала (принимается в зависимости от условий движения: по усовершенствованному типу покрытия – 35 км/ч, по переходному – 27 км/ч, по грунтовому – 22 км/ч);

$t$  – среднее время простоев автосамосвала под погрузкой, разгрузкой и маневрированием (для автосамосвалов грузоподъемностью 5 т принимаем  $t = 0,2$  ч; 8 т – 0,25 ч; свыше 10 т – 0,32 ч);

$L'$  и  $L''$  – дальность транспортирования при различных дорожных условиях, км;

$V'$  и  $V''$  – средние расчетные скорости движения при различных дорожных условиях, км/ч.

Чтобы построить эюру потребности автосамосвалов, необходимо знать потребность единиц транспорта в каждую смену.

Потребность автосамосвалов в смену определяется по формуле

$$n = \frac{V_{см}}{\Pi}, \quad (2.3)$$



где  $V_{см}$  – сменное количество материала, подлежащего транспортированию (сменный объем работ), т;

$\Pi$  – производительность самосвалов, т/смену.

Средняя объемная масса основных дорожно-строительных материалов принимается: суглинок и супесь – 1,6 т/м<sup>3</sup>; песок – 1,5 т/м<sup>3</sup>; щебень и гравий – 1,7 т/м<sup>3</sup>; мелкий щебень – 1,6 т/м<sup>3</sup>; песчано-гравийная смесь – 1,6 т/м<sup>3</sup>; цементобетонная смесь – 2,5 т/м<sup>3</sup>. Асфальтобетонная смесь и каменные материалы, обработанные битумом, при определении по нормативам расхода ресурсов определяются в тоннах.

**Пример** – Определить потребность в автосамосвалах грузоподъемностью 20 т на 12 км строящейся автомобильной дороги при устройстве песчаного подстилающего слоя толщиной 25 см со сменной потребностью 1492 т/смену. Движение организовано по усовершенствованному типу покрытия. Схема расположения карьеров и план дороги приведены на рисунке 2.1.

### Решение

По схеме расположения карьеров определяем дальность транспортирования песка с учетом подъездного пути на каждый километр строящейся дороги. Затем определяем производительность автосамосвала  $\Pi$ , т/смену, для каждой дальности возки, например, для 7 км:

$$\Pi = \frac{8 \cdot 20 \cdot 0,85}{\frac{7}{35} + 0,32} = 188.$$

Данные расчета сводим в ведомость (см. рисунок 2.1).

По результатам расчетов с учетом календарных сроков проведения работ строят эпюру потребности в автосамосвалах на каждую смену. Пример построения эпюры приведен на рисунке А.1.

### Задания к практической работе.

1 Определить количество смен, за которое звено из двух автосамосвалов грузоподъемностью по 10 т и одного автосамосвала грузоподъемностью 16 т осуществит перевозку щебня в объеме 4370 м<sup>3</sup> на расстояние 4 км при условии движения по переходному типу покрытия.

2 Определить состав звена автосамосвалов МАЗ (20 т) для транспортировки песка в объеме 3400 м<sup>3</sup> за две смены на расстояние 19 км. Условия движения: 6 км – грунтовая дорога, 13 км – покрытие усовершенствованного типа.

3 Построить эпюру потребности в автосамосвалах грузоподъемностью 12 т для строительства 5 км асфальтобетонного покрытия с потребностью 1300 т/смену. Асфальтобетонный завод находится на расстоянии 2 км от начала трассы.



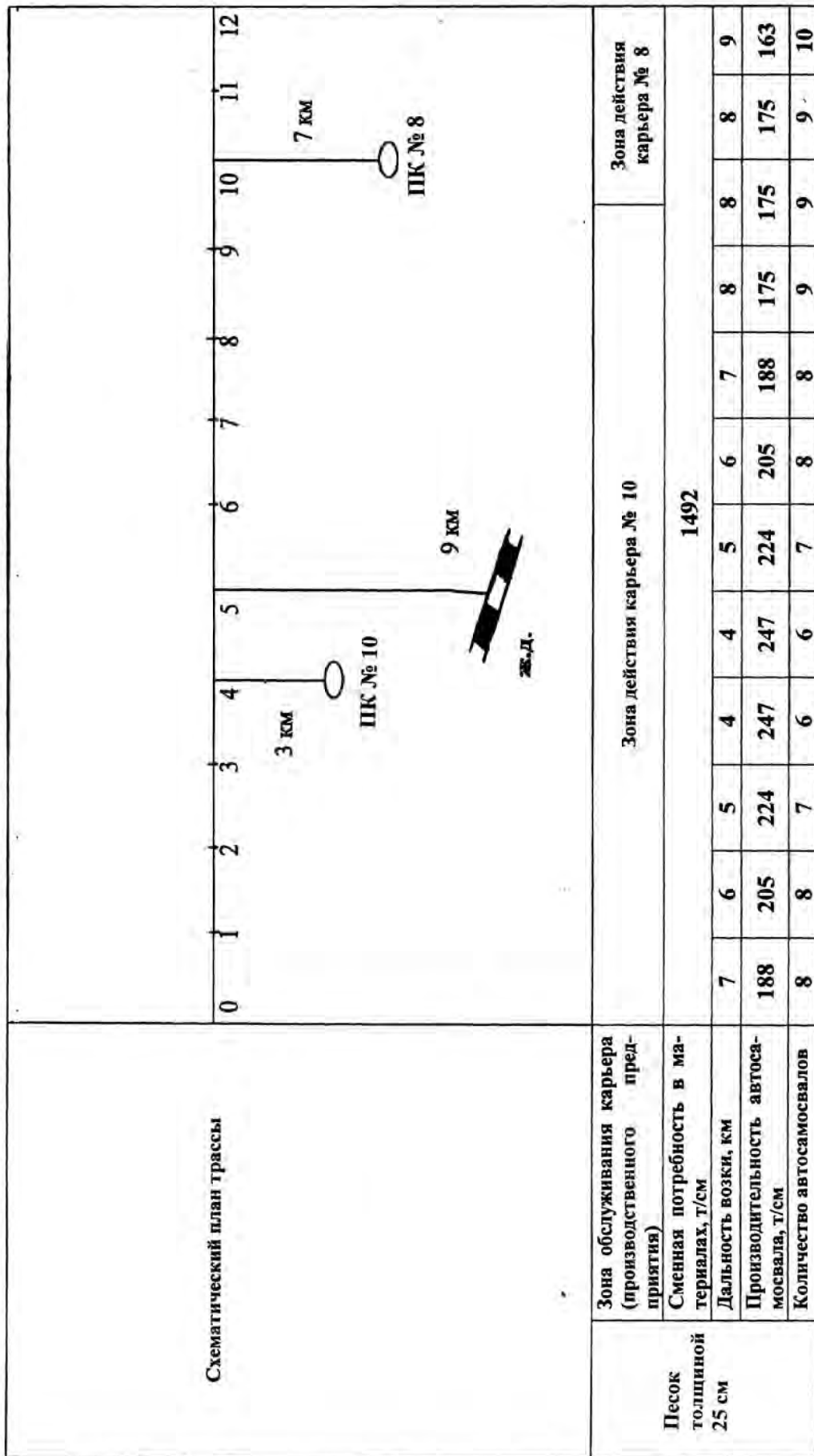


Рисунок 2.1 – Ведомость определения количества автосамосвалов

### 3 Практическая работа № 3. Контроль поперечного и продольного профилей в процессе строительства

При приемке выполненных работ проводят освидетельствование работ в натуре, контрольные замеры. При этом проверяют соответствие фактических значений проектным по параметрам, приведенным в [3]. Для оснований и покрытий дорожных одежд контролируемыми параметрами являются высотные отметки, ширина слоя, толщина слоя, поперечные уклоны, ровность и др.

При контроле поперечного и продольного профиля конструктивного элемента автомобильной дороги измеряют расстояние от оси до кромки слоя, общую ширину слоя, поперечные и продольные уклоны проезжей части и обочины, заложение откосов (при их наличии), толщину слоев, проектную отметку.

Для измерений контролируемых параметров рекомендуется использовать мерную ленту, рейку дорожную универсальную (РДУ) «Кондор», геодезические приборы.

Рейка дорожная универсальная «Кондор» представляет собой трехсекционную складную конструкцию. В рабочем состоянии ее секции жестко скрепляются между собой стяжными винтами. Рейка позволяет измерить уклон поверхности, крутизну откоса, ширину и толщину слоя, ровность поверхности.

При использовании РДУ «Кондор» для измерения продольных и поперечных уклонов поверхности она укладывается на ровной поверхности по оси дороги (или перпендикулярно ей) и жестко фиксируется в местах соединения стяжными винтами. Вращением винта измерительной головки приводят уровень в горизонтальное положение, фиксируемое по положению пузырька в ампуле уровня. При этом пузырек должен находиться между двумя центральными делениями ампулы. Величина уклона определяется стрелкой по шкале лимба измерительной головки.

При измерении крутизны откосов рейку устанавливают непосредственно на откос перпендикулярно обрезу бровки откоса. Значение крутизны откоса определяют по шкале балансира-эклиметра.

При определении геометрических параметров элементов дороги используется метрическая шкала рейки, а для определения толщины конструктивных слоев – правая шкала клинового промерника.

#### **Задания к практической работе.**

1 С помощью рейки универсальной дорожной «Кондор» проверить соответствие продольного и поперечного профилей автомобильной дороги требованиям нормативных документов.

2 Вычертить в масштабе фактический поперечный профиль автомобильной дороги.

## 4 Практическая работа № 4. Определение плотности асфальтобетонного покрытия

Операционные методы контроля качества асфальтобетонных покрытий и оснований без разрушения основаны на исследованиях в области радиометрии и акустики.

Основная технологическая операция при укладке асфальтобетонной смеси, которая предопределяет физико-механические свойства асфальтобетонного покрытия, – это уплотнение.

При контроле качества асфальтобетонных покрытий и оснований определяют коэффициент уплотнения асфальтобетона.

*Коэффициент уплотнения* асфальтобетона в покрытии представляет собой отношение средней плотности вырубков (кернов) к средней плотности перформованных из них образцов.

### 4.1 Определение средней плотности асфальтобетона в лабораторных условиях

Среднюю плотность асфальтобетона определяют на образцах, изготовленных в лаборатории из запроектированной смеси, из пробы смеси, взятой из смесителя, или на образцах – вырубках (кернах) из дорожного покрытия.

Для проведения испытания необходимы весы гидростатические, сосуд вместительностью 1...3 л.

Три образца тщательно вытирают и очищают от налипших частиц смеси.

Образцы взвешивают с точностью до 0,001 г на воздухе, затем помещают их на 30 мин в сосуд с водой, имеющей температуру  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ . Извлеченные из воды образцы вытирают, взвешивают на воздухе, а затем в воде, температура которой должна быть  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ .

Среднюю плотность образца вычисляют по формуле

$$\rho_c = \frac{m_0 \cdot \rho_{\text{в}}}{m_1 - m_2}, \quad (4.1)$$

где  $m_0$  – масса образца, определенная взвешиванием его на воздухе, г;

$\rho_{\text{в}}$  – плотность воды,  $\rho_{\text{в}} = 1$  г/см<sup>3</sup>;

$m_1$  – масса образца, выдержанного в воде в течение 30 мин, определенная взвешиванием его на воздухе, г;

$m_2$  – масса того же образца, определенная взвешиванием его в воде, г.

Среднюю плотность асфальтобетона определяют как среднее арифметическое результатов испытания трех образцов, расхождение между которыми не должно превышать 0,02 г/см<sup>3</sup>.



## 4.2 Средняя плотность минеральной части асфальтобетона

Среднюю плотность минеральной части (остова) асфальтобетона вычисляют по средней плотности асфальтобетона  $\rho_c$  и массовому соотношению в нем минеральных материалов и битума с точностью до 0,01 г/см<sup>3</sup> по формуле

$$\rho_{м.ч.с} = \frac{\rho_c \cdot q_0}{q_0 - q_b}, \quad (4.2)$$

где  $q_0$  – содержание минеральных материалов в асфальтобетоне (по массе),  $q_0 = 100$  %;

$q_b$  – содержание битума в асфальтобетоне (от массы минеральной части), %.

## 4.3 Истинная плотность минеральной части (остова) асфальтобетона

Истинную плотность асфальтобетонной смеси вычисляют по истинной плотности отдельных минеральных составляющих с точностью до 0,01 г/см<sup>3</sup> по формуле

$$\rho_{м.ч.и} = \frac{100}{\frac{q_{щ}}{\rho_{щ.и.}} + \frac{q_n}{\rho_{п.и.}} + \frac{q_{м.п.}}{\rho_{м.п.и.}}}, \quad (4.3)$$

где  $q_{щ}$ ,  $q_n$ ,  $q_{м.п.}$  – содержание в асфальтобетоне соответственно щебня, песка и минерального порошка (по массе), %;

$\rho_{щ.и.}$ ,  $\rho_{п.и.}$ ,  $\rho_{м.п.и.}$  – истинная плотность этих компонентов, г/см<sup>3</sup>.

**4.3.1 Определение истинной плотности асфальтобетонной смеси и асфальтобетона.** По истинной плотности минерального остова определяют остаточную пористость асфальтобетона.

Истинную плотность асфальтобетона и смеси при проектировании его состава находят расчетом (первый способ) или экспериментально (второй способ), а для образцов асфальтобетона, отобранных из дорожного покрытия, и проб смесей, отобранных из смесителя, – только экспериментально (пикнометрическим методом).

*Первый способ.* Истинную плотность асфальтобетона определяют с точностью до 0,01 г/см<sup>3</sup> по формуле

$$\rho_u = \frac{q_0 + q_b}{\frac{q_0}{\rho_{м.п.и.}} + \frac{q_b}{\rho_b}}, \quad (4.4)$$

где  $q_0$  – содержание минеральных материалов в асфальтобетоне,  $q_0 = 100$  %;

$q_b$  – содержание битума в асфальтобетоне (от массы минеральной части), %;



$\rho_{м.п.и.}$  – истинная плотность минеральной части асфальтобетона (смеси), г/см<sup>3</sup>;

$\rho_b$  – истинная плотность битума, г/см<sup>3</sup>.

*Второй способ.* При контроле качества асфальтобетонного покрытия вырубку (керна) измельчают. Размеры частиц не должны превышать максимальный размер зерен минерального остова. Из средней пробы измельченной вырубki (кернa) или смеси отбирают две навески по 50...200 г (в зависимости от максимального размера частиц минерального остова).

Чистую и высушенную мерную колбу (емкостью 250 или 500 мл в соответствии с максимальным размером частиц минерального остова) взвешивают, заполняют дистиллированной водой со смачивателем до черты на шейке, выдерживают в течение 30 мин при температуре  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  (если уровень воды в колбе изменяется, то ее доливают) и снова взвешивают. Точность взвешивания во всех случаях – до 0,01 г.

Истинную плотность воды со смачивателем определяют по формуле

$$\rho_{с.м.} = \frac{m_2 - m_1}{V}, \quad (4.5)$$

где  $m_2$  – масса мерной колбы, заполненной водой со смачивателем, г;

$m_1$  – масса порожней сухой мерной колбы, г;

$V$  – объем мерной колбы, мл.

В мерную колбу всыпают навеску измельченного асфальтобетона (смеси) и заполняют ее дистиллированной водой со смачивателем примерно на 1/3 (температура воды  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ). После взбалтывания содержимого колбы ее выдерживают в течение 1 ч в вакуум-сушильном шкафу (вакуум-приборе) при остаточном давлении не более 2000 Па. Доведя давление до атмосферного, извлекают колбу, доливают дистиллированную воду со смачивателем до черты на ее шейке. После выдерживания в течение 30 мин при температуре  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  колбу взвешивают (при необходимости перед взвешиванием доливают воду до черты на шейке колбы).

Истинную плотность асфальтобетона вычисляют с погрешностью не более 0,01 г/см<sup>3</sup> по формуле

$$\rho_u = \frac{m_0 / \rho_{с.м.}}{m_0 + m_2 - m_3}, \quad (4.6)$$

где  $m_0$  – масса навески измельченного асфальтобетона, г;

$\rho_{с.м.}$  – истинная плотность воды со смачивателем;

$m_2$  – масса мерной колбы, заполненной водой со смачивателем, г;

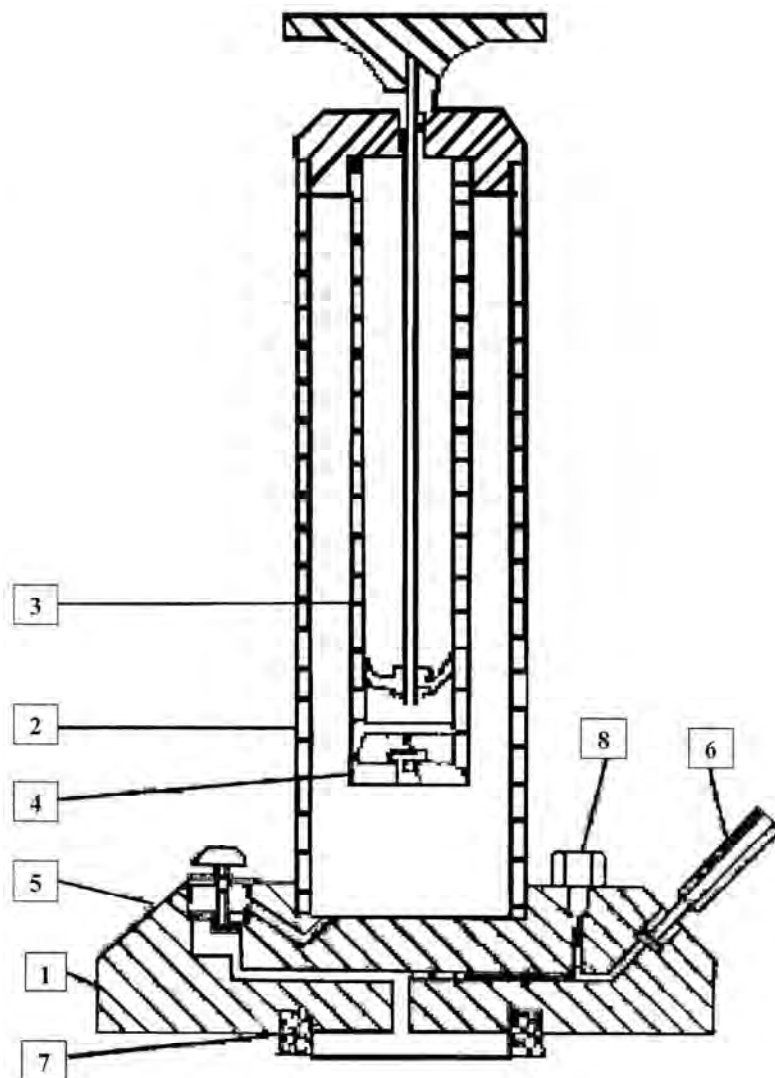
$m_3$  – масса мерной колбы с навеской измельченного асфальтобетона и водой, г.

За истинную плотность асфальтобетона принимают среднее арифметическое результатов двух определений, расхождение между которыми не должно превышать 0,01 г/см<sup>3</sup>.

#### 4.4 Вакуумный метод контроля плотности

Метод основан на зависимости времени прохождения воздуха через поры асфальтобетона от его плотности.

Плотность контролируют пористомером (рисунок 4.1).



1 – корпус; 2 – ресивер; 3 – ручной насос; 4 – обратный клапан; 5 – кнопочное устройство; 6 – вакуумметр; 7 – резиновое кольцо; 8 – винт

Рисунок 4.1 – Пористомер асфальтобетона КП-209

Плотность асфальтобетонных покрытий и оснований контролируют в следующем порядке: пористомер устанавливают так, чтобы резиновое уплотнительное кольцо 7 плотно прилегало к асфальтобетону и создавало герметизацию рабочей камеры. Насосом 3 создают разрежение воздуха в ресивере 2; открывают обратный клапан 4 (в этот момент создается разрежение в рабочей камере) и воздух из пор асфальтобетона поступает в рабочую камеру и ресивер; регистрируют давление воздуха в рабочей камере и ресивере по показаниям вакуумметра 6 и время  $T$ , за которое давление изменилось от 300 до 500 мм рт. ст.;

определяют коэффициент уплотнения асфальтобетона  $K_{упл}$  по градуировочному графику.

Асфальтобетонные покрытия и основания контролируют при температуре не более 60 °С. Такое ограничение не дает возможности контролировать плотность асфальтобетонных конструктивных слоев в процессе уплотнения, так как эта технологическая операция завершается при температуре плюс 90 °С, в связи с чем вакуумный метод может быть применен только при приемосдаточных работах.

#### **4.5 Радиационный метод контроля плотности**

Радиационный метод – наиболее высокоточный метод контроля плотности асфальтобетонных покрытий и оснований как в процессе строительства, так и готовых. На измерение не влияет ни минералогический состав минерального порошка, щебня, песка, ни количество компонентов асфальтобетона. При контроле плотности уплотняемого конструктивного слоя дорожной одежды измерения на горячем асфальтобетоне в процессе уплотнения проводят через прокладку из термостойкого и теплоизолирующего материала (пенопласт, фторопласт и др.) между асфальтобетоном и радиоизотопным прибором, чтобы на его поверхности температура не превышала 40 °С, т. к. дальнейшее повышение температуры влечет за собой резкое увеличение погрешности измерения. Получив измерения, по градуировочному графику определяют плотность асфальтобетона.

#### **4.6 Контроль плотности асфальтобетона измерителем плотности ПАБ**

Прибор ПАБ (рисунок 4.2) предназначен для операционного неразрушающего измерения (контроля) плотности и однородности асфальтобетонных покрытий толщиной до 150 мм. С его помощью можно не только оценить степень уплотнения (по коэффициенту уплотнения), но и оперативно выявить недоуплотненные участки дорожного покрытия, контролировать критические зоны (стыки, кромки, швы).

Принцип действия прибора базируется на установленной корреляционной зависимости плотности асфальтобетона от его диэлектрической проницаемости.

В отличие от радиационного метода, при работе с прибором не требуется специального контроля безопасности.

Прибор состоит из электронного блока и преобразователя, связанных между собой посредством кронштейна и ручки. На лицевой панели электронного блока расположена клавиатура и графический дисплей, в правой боковой части его корпуса установлен разъём для связи с компьютером. В нижней части корпуса расположен датчик с измерительными электродами. На боковом торце корпуса электронного блока расположена кнопка сброса питания на микроконтроллере.







Рисунок 4.2 – Внешний вид прибора ПАБ

При включении прибора на дисплей выводится главное меню. Вход и выход из любого пункта меню осуществляется клавишей «F».

«Установка нуля» – первый пункт главного меню, предназначенный для калибровки прибора перед проведением измерений.

«Материал» – пункт главного меню, служит для выбора вида материала, на котором будут производиться измерения (вид материала выбирается клавишей (↓) или (↑), а группа – клавишей (←) или (→).

«Параметры» – пункт главного меню, содержащий следующие подменю:

– «Изм.параметр» – позволяет выбрать измеряемый параметр: плотность или коэффициент уплотнения;

– «Размерность» – позволяет выбрать размерность плотности:  $\text{г/см}^3$ ,  $\text{кг/м}^3$ ,  $\text{т/м}^3$ ;

– «Режим измерений» – позволяет выбрать один из двух режимов измерения:

а) с усреднением, измерения проводятся на одном участке покрытия в трех-пяти точках с вычислением среднего значения;

б) однократный для единичных измерений плотности в конкретной точке дорожного покрытия.

«Ресурс памяти» дает информацию о количестве свободных и занятых ячеек памяти результатов.

«Дополнительно» – пункт главного меню, содержит пункты подменю: дата и время, питание, очистка.

Для измерений следует выбрать ровную, сухую поверхность асфальта без видимых загрязнений (остатков грунта, отсева щебня, пятен горюче-смазочных материалов). На поверхности не должно быть бугров и вмятин, прибор должен стоять устойчиво, с плотным прилеганием.

При включении прибора на дисплей выводится главное меню с выделенным первым пунктом.

Выбрать строку «**Установка нуля**» и войти в неё. Взять прибор за рукоять одной рукой и держать в воздухе на расстоянии не менее 30 см от тела и посторонних предметов, во избежание вредного влияния внешних наводок. Нажать клавишу «**F**» и значение параметра  $\Delta U$  обнулится.

В пункте главного меню «**Материал**» выбрать группу материалов «**Асфальт**». В выбранной группе материалов клавишей ( $\downarrow$ ) выделенная (инверсная) строка смещается вниз на следующие пункты, раскрывая меню до пункта «**Асфальт 8**» или «**Без имени 8**».

Внутри группы выбрать вид материала «**Асфальт базовый**» и войти в него.

В пункте главного меню «**Параметры**» выбрать строку «**Изм. параметр**», выбрать параметр «**Плотность**» и нажать клавишу «**F**».

Выбрать строку «**Размерность**» и задать необходимую размерность.

Выбрать в меню «**Режим измерений**» способ «**С усреднением**». Ввести в прибор количество замеров  $N = 5$ . Установить прибор на выбранном участке асфальтобетона. Нажать клавишу «**M**» и перевести прибор в режим измерений – на дисплей будет выводиться информация. Установить толщину измеряемого слоя клавишами.

Нажать клавишу «**M**» и отойти от прибора на один шаг – на дисплее появится сообщение «**ИЗМЕРЕНИЕ**».

Через 3...4 с измерение закончится и на дисплее появится значение плотности в первой точке измерения.

Сместить условный центр прибора относительно первого измерения на 5...7 см по диагонали в положение «2 часа» (рисунок 4.3) и провести второе измерение. Затем провести измерение, переставляя последовательно прибор в положения «4 часа», «8 часов» и «10 часов».

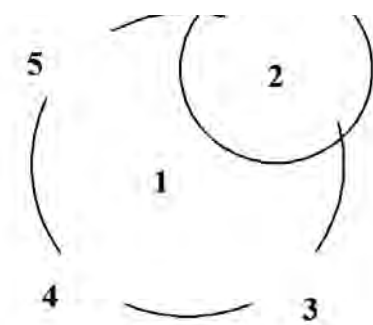


Рисунок 4.3– Схема расположения прибора при проведении измерений

Коэффициент уплотнения асфальтобетона вычисляется для каждого результата по формуле

$$K = \rho / \rho_{\max} , \quad (4.7)$$

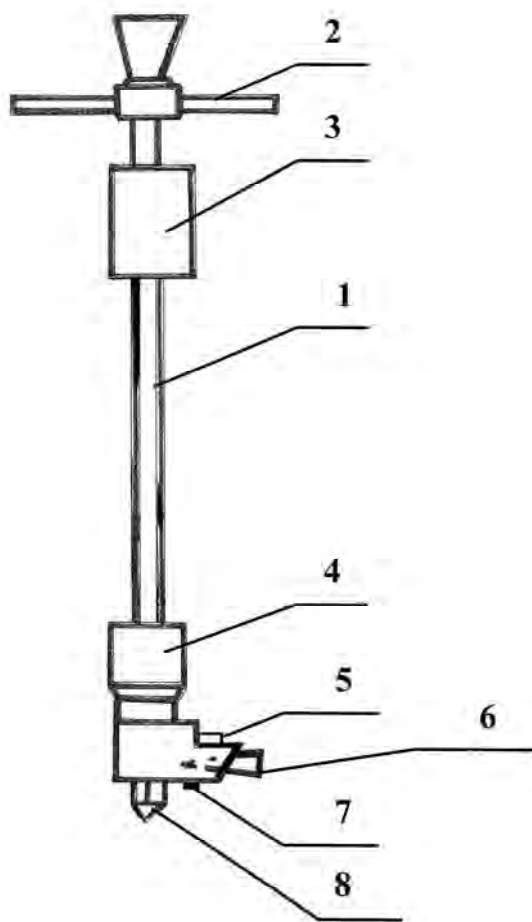
где  $\rho$  – измеренное значение плотности, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_{\max}$  – максимальное значение плотности,  $\text{кг/м}^3$  (определяется экспериментально для тестируемого вида покрытия и записывается в память прибора).

После выполнения этих измерений на дисплее появится среднеарифметическое значение плотности  $\rho$  из полученных пяти замеров.

#### 4.7 Контроль плотности асфальтобетона динамическим плотномером

Плотномер с соответствующим наконечником (рисунок 4.4) устанавливается перпендикулярно к поверхности и производится пенетрация с подсчетом числа ударов, необходимых для полного погружения конуса в контролируруемую поверхность. Окончание испытания фиксируется щелчком затвора.

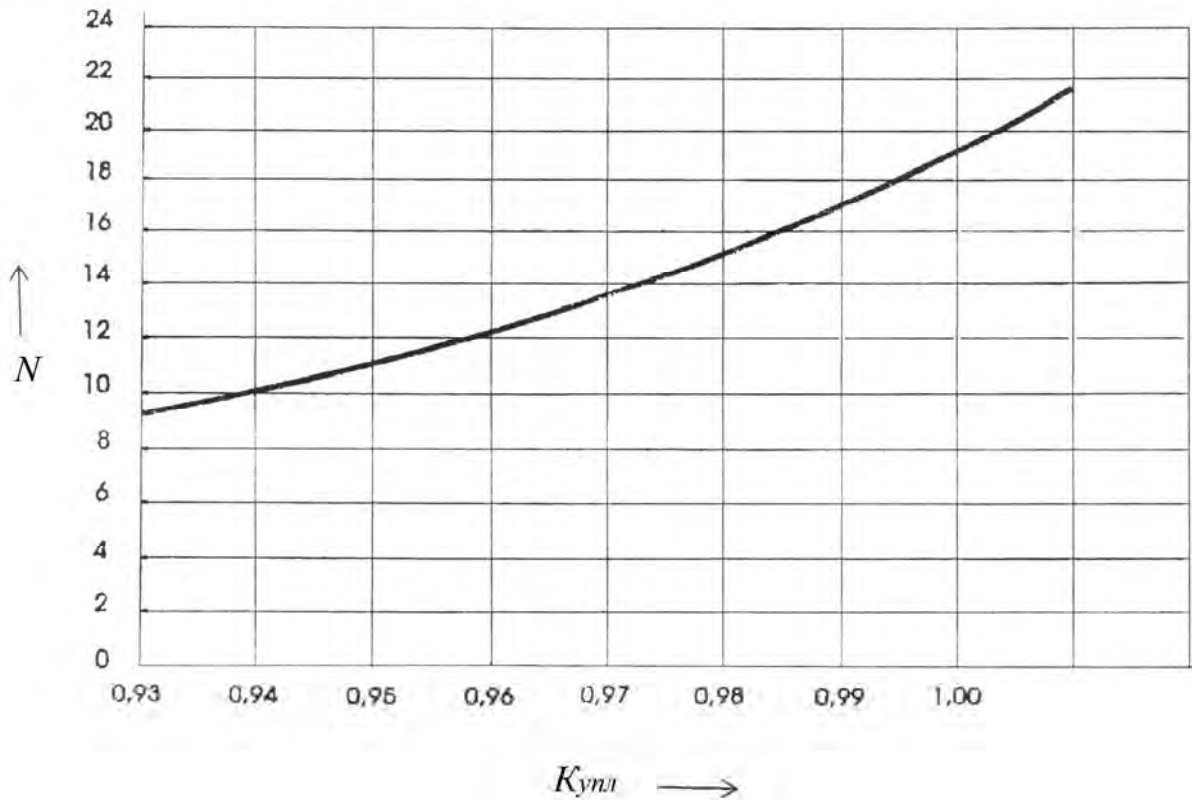


1 – штанга; 2 – рукоятка; 3 – гиря; 4 – наковальня; 5 – ограничитель; 6 – затвор; 7 – фиксатор; 8 – конус

Рисунок 4.4 – Схема динамического плотномера для определения плотности асфальтобетона

Определение коэффициента уплотнения проводится на основании не менее трех пенетраций участка по среднеарифметическому значению числа ударов. Расстояние между точками зондирования – 20...30 см.

Коэффициент уплотнения определяется по тарифовочным графикам к прибору (рисунок 4.5).



$N$  – количество ударов;  $K_{упл}$  – коэффициент уплотнения

Рисунок 4.5 – Тарифовочный график для определения коэффициента уплотнения асфальтобетона методом динамического зондирования для высокопористых смесей

Результаты испытаний заносят в таблицу 4.1. Делается обязательный вывод о соответствии  $K_{упл}$  с требованиями [3].

Таблица 4.1 – Результаты испытаний динамическим плотномером

Номер испытания	Количество ударов	Среднее значение	$K_{упл}$	$K_{упл. треб}$

### Задание к практической работе.

Оценить плотность асфальтобетонного покрытия прибором ПАБ и динамическим плотномером.

## Список литературы

1 **НРР 8.03.127–2017**. Нормативы расхода ресурсов в натуральном выражении на строительные конструкции и работы. Сборник 27: Автомобильные дороги. – Минск: М-во архитектуры и строительства РБ, 2016. – 386 с.

2 **НРР 8.03.130–2017**. Нормативы расхода ресурсов в натуральном выражении на строительные конструкции и работы. Сборник 30: Мосты и трубы. – Минск: М-во архитектуры и строительства РБ, 2016. – 344 с.

3 **ТКП 059–2012**. Автомобильные дороги. Правила устройства. – Минск: Белавтодор, 2007. – 93 с.

4 **ТКП 234–2009 (02191)**. Автомобильные дороги. Порядок проведения операционного контроля при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог. – Минск: Белавтодор, 2009. – 167 с.



## Приложение А (справочное)

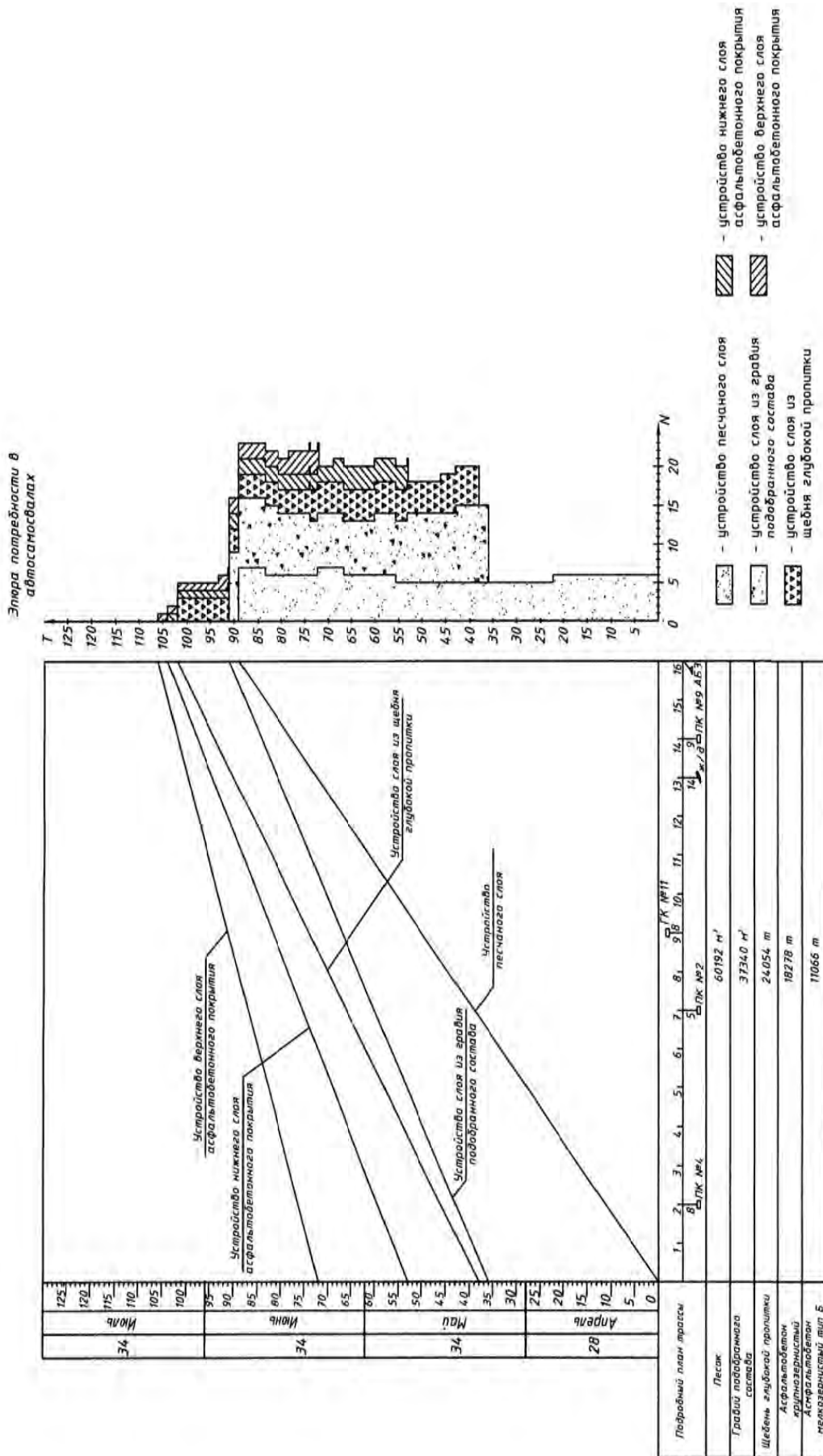


Рисунок А.1 – Линейный календарный график с энергией потребности в атмосмосвалах