

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА (МИИТ)»

Кафедра «Автомобильные дороги, аэродромы, основания
и фундаменты»

Т.Н. Акимова

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА
АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ**

Учебно-методическое пособие
по дисциплине
«Дорожное материаловедение»

Москва 2017

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА (МИИТ)»

Кафедра «Автомобильные дороги, аэродромы, основания
и фундаменты»

Т.Н. Акимова

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА
АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ**

Учебно-методическое пособие

для студентов направления «Строительство»
08.04.01 (специалитет) и профиль 08.03.01 (бакалавриат)

Москва – 2017

УДК 625.

А-391

Акимова Т.Н. Проектирование состава асфальтобетонной смеси: Учебно-методическое пособие: - М.: РУТ (МИИТ), 2017. - 24 с.

В учебно-методическом пособии по проектированию состава асфальтобетонной смеси приведены сведения о классификации асфальтобетона, требованиях к материалам и физико-механическим свойствам асфальтобетона (ГОСТ 9128-2009); дан пример подбора состава асфальтобетонной смеси.

Рекомендовано для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Строительство», 08.04.01 (специалитет) и профиль 08.03.01 (бакалавриат), изучающих дисциплины «Строительные материалы», «Дорожное материаловедение».

Рецензент д.т.н., профессор кафедры «Строительные материалы и технологии» РУТ (МИИТ) Добшиц Л.М.

© РУТ (МИИТ), 2017

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в России до 95 % усовершенствованных капитальных покрытий дорожных одежд устраивают из асфальтобетона.

Асфальтобетон - это уплотнённая асфальтобетонная смесь.

Асфальтобетонная смесь - рационально подобранная смесь минеральных материалов [щебня (гравия) и песка с минеральным порошком или без него] с битумом, взятых в определенных соотношениях и перемешанных в нагретом состоянии.

1. Классификация асфальтобетона

Классификация асфальтобетона по различным признакам представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Классификация асфальтобетона

ПО ВЯЗКОСТИ БИТУМА И ТЕМПЕРАТУРЕ ПРИ УКЛАДКЕ:		
ГОРЯЧИЙ	ХОЛОДНЫЙ	
На вязких и жидких дорожных битумах. Температура укладки не менее 120 °С	На жидких дорожных битумах. Температура укладки не менее 5 °С	
ПО ВИДУ МИНЕРАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ: щебеночный, гравийный, песчаный		
ПО НАИБОЛЬШЕМУ РАЗМЕРУ МИНЕРАЛЬНЫХ ЗЁРЕН: Крупнозернистый – до 40 мм Мелкозернистый – до 20 мм Песчаный - до 10 мм		
ПО ОСТАТОЧНОЙ ПОРИСТОСТИ: Высокоплотный - от 1 до 2,5% Плотный - св. 2,5 до 5% Пористый - св.5% до 10% Высокопористый - св.10 до 18%		
ПО СОДЕРЖАНИЮ ЩЕБНЯ:		
Плотные смеси:	А - свыше 50 до 60%	Бх - свыше 40 до 50% Вх – свыше 30 до 40%
	Б - свыше 40 до 50%	
	В – свыше 30 до 40%	
Высокоплотные:	Свыше 50 до 70%	
ПО ВИДУ ПЕСКА: Г и Гх – на песках из отсевов дробления Д и Дх – на природных песках или смесях природных песков с отсевами дробления		
Марки по физико-механическим показателям		
I, II, III	I, II	

Марку асфальтобетона назначают в зависимости от вида и типа асфальтобетона, которые в свою очередь зависят от категории автомобильной дороги, слоя покрытия, дорожно-климатической зоны (табл. 1.2).

Таблица 1.2. Марки асфальтобетона в зависимости от вида и типа асфальтобетона

Вид и тип смесей асфальтобетона	Марка
Горячие:	
высокоплотные	I
плотные типов:	
А	I, II
Б, Г	I, II, III
В, Д	II, III
- пористые	I, II
- высокопористые щебёночные	I
- высокопористые песчаные	II
пористые и высокопористые	I, II
Холодные типов:	
Б _х , В _х	I, II
Г _х	I, II
Д _х	II
- высокопористые щебёночные	I

2. Требования к материалам для асфальтобетона

Все материалы, применяемые для приготовления асфальтобетона, должны соответствовать требованиям соответствующих ГОСТов (см. литературу, стр. 32).

2.1. Щебень и гравий

Для асфальтобетона применяется щебень и гравий в виде следующих основных фракций: - от 5 (3) до 10 мм;

- от 10 до 15 мм;

- св. 15 до 20 мм;

- св. 20 до 40 мм;

- а также смеси фракций от 5 (3) до 40 мм.

Содержание лещадных и игловатых зерен - не более, % по массе:

- 15 – для смесей типа А и высокоплотных;

- 25 - для смесей типов Б и Б_х; и высокоплотных;

- 35 - для смесей типа В и В_х и пористых.

Гравийно-песчаные смеси по зерновому составу должны соответствовать требованиям ГОСТ 23735, а гравий и песок, входящие в состав этих смесей, - ГОСТ 8267 и ГОСТ 8736 соответственно.

Прочность и морозостойкость щебня и гравия для горячих смесей и асфальтобетонов конкретных марок и типов должны соответствовать указанным в табл. 2.1.

Таблица 2.1. Прочность и морозостойкость щебня и гравия для горячих смесей

Показатели	Значение для смесей марки								
	I			II				III	
	А высо- ко- плот- ных	Б	Порис- тых и высоко- порис- тых	А	Б	В	Пористых	Б	В
Марка не ниже:									
по дробимости									
а) щебня из изверженных и метаморфических горных пород	1200	1200	800	100 0	100 0	800	600	800	600
б) щебня из осадочных пород	1200	1000	600	100 0	800	600	400	600	400
в) щебня из металлургического шлака	-	1200	800	120 0	100 0	800	600	800	600
г) щебня из гравия	-	1000	600	100	800	600	400	600	400
д) гравия	-	-	-	-	-	600	400	600	400
по износостойкости									
а) щебня из изверженных и метаморфических горных пород	И1	И1	Не норм.	И2	И2	И3	Не норм	И2	И3
б) щебня из осадочных пород	И1	И2	То же то же	И1	И2	И3	То же	И3	И4
в) щебня из гравия и гравия	-	И1		И1	И2	И3	То же		
по морозостойкости:									
для всех видов щебня и гравия:									
а) для дорожно-климатических зон I, II, III	F50	F50	F25	F50	F50	F25	F15	F25	F25
б) для дорожно-климатических зон IV, V	F50	F50	F25	F50	F25	F15	F15	F15	F15

Марки щебня и гравия по износостойкости в полочном барабане представлены в табл. 2.2.

Таблица 2.2. Марки щебня и гравия по износостойкости

марка по износостойкости щебня и гравия	потеря массы при испытании, %	
	щебня по 25 включит.	гравия по 20 включит.
И-1	25 - 35	20 - 30
И-2	35 - 45	30 - 40
И-3	45 - 60	40 - 50

Содержание пыли и глины в щебне и гравии не должно превышать 2 %; форма зерен приближена к тетраэдрической и кубовидной; характер поверхности – шероховатый;

Содержание пылевидных и глинистых частиц (размером менее 0,05 мм) в щебне и гравии в зависимости от вида горной породы и марки по дробимости должно соответствовать указанному в таблице 2.3, содержание глины в комках – в таблице 2.4.

Таблица 2.3. Содержание пылевидных и глинистых частиц

Вид горной породы и марка по дробимости	Содержание пылевидных и глинистых частиц, не более, %
Из изверженных и метаморфических пород марок:	
св. 600 до 800 вкл.	1
Из осадочных пород марок:	
от 600 до 1200 вкл.	2
200, 300, 400	3
Щебень из гравия и валунов и гравий марок:	
1000, 800	1
600	2
400	3

Таблица 24. Содержание глины в комках

Вид горной породы и марка по дробимости	Содержание глины в комках, не более, %
Из изверженных, осадочных и метаморфических пород марок:	
400 и выше	0,25
300, 200	0,5
Щебень из гравия и валунов и гравий марок:	
1000, 800, 600, 400	0,25

При производстве щебня и гравия должна проводиться их радиационно-гигиеническая оценка, по результатам которой устанавливают область применения. Щебень и гравий в зависимости от значений суммарной удельной эффективной активности естественных радионуклидов Аэфф применяют:

- при Аэфф св. 370 до 740 Бк/кг - для дорожного строительства в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки,
- при Аэфф св. 740 до 2800 Бк/кг - в дорожном строительстве вне населенных пунктов.

2.2. Песок

Для асфальтобетона применяется природный песок и песок из отсевов дробления горных пород. Песок подразделяется на фракции: св. 2,5 до 5 мм; св. 1,25 до 2,5 мм; св. 0,63 до 1,25 мм; св. 0,315 до 0,63 мм; св. 0,16 до 0,315 мм, мельче 0,16 мм.

Под термином *песок* подразумевается природный неорганический сыпучий материал с крупностью зерен до 5 мм, образовавшийся в результате естественного разрушения скальных горных пород и получаемый при разработке валунно-гравийно-песчаных, гравийно-песчаных и песчаных месторождений. Может применяться также песок природный обогащенный с крупностью зерен до 5 мм, с улучшенным зерновым составом и меньшим содержанием пылевидных и глинистых частиц и песок природный фракционированный, разделенный на две или более фракций.

Таблица 2.5. Классификация песка по крупности

Группа песка	Модуль крупности, Мк
Повышенной крупности	Св. 3,0 до 3,5
Крупный	» 2,5 до 3,5
Средний	» 2,0 » 2,5
Мелкий	» 1,5 » 2,0
Очень мелкий	» 1,0 » 1,5
Тонкий	» 0,7 » 1,0
Очень тонкий	До 0,7

Каждую группу песка характеризуют значением модуля крупности Мк, указанным в таблице 2.5.

Содержание в песке зерен крупностью свыше 10 и 5 мм не должно превышать значений, указанных в таблице 2.6. Для песков, применяемых в составе асфальтобетонных смесей содержание зерен размером менее 0,16 мм не нормируется.

Таблица 2.6. Содержание в песке зерен крупностью свыше 10 и 5 мм

Класс песка	Группа песка	Содержание зёрен крупностью, не более	
		Свыше 10 мм	Свыше 5 мм
I	Повышенной крупности, крупный и средний	0,5	5
	Мелкий	0,5	5
II	Повышенной крупности	5	20
	Крупный и средний	5	15
	Мелкий и очень мелкий	0,5	10
	Тонкий и очень тонкий	Не допускается	

Содержание в песке пылевидных и глинистых частиц, а также глины в комках не должно превышать значений, указанных в таблице 2.7.

Таблица 2.7. Содержание в песке пылевидных и глинистых частиц

Класс песка	Группа песка	Содержание пылевидных и глинистых частиц	Содержание глины в комках
I	Повышенной крупности, крупный и средний	2	0,25
	Мелкий	3	0,35
II	Повышенной крупности, крупный	3	0,5
	Мелкий и очень мелкий	5	0,5
	Тонкий и очень тонкий	10	1

Допускается применение смесей природного песка и песка из отсевов дробления. Марка по дробимости песка из отсевов дробления изверженных и метаморфических пород должна

быть не ниже 1000, из гравия и валунов – не ниже 600, из карбонатных пород – не ниже 400; определяется по дробимости щебня фракции 5-10 мм.

Пески не должны содержать посторонних засоряющих примесей.

Пескам должна быть дана радиационно-гигиеническая оценка. Песок в зависимости от значений удельной эффективной активности естественных радионуклидов $A_{эфф}$ применяют:

- $A_{эфф}$ св. 370 до 740 Бк/кг — для дорожного строительства в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки;

- $A_{эфф}$ св. 740 до 1500 Бк/кг — в дорожном строительстве вне населенных пунктов.

Зерновые составы минеральной части смесей, при которых пустотность минеральной части будет минимальной, должны соответствовать установленным в таблице 2.8 для нижних слоев покрытий и оснований, в таблице 2.9 - для верхних слоев покрытий.

Таблица 2.8. Зерновые составы минеральной части смесей для нижних слоев покрытий и оснований

Вид и тип смеси и а/б	Размер зёрен, мм, мельче											
	40	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071	
Плотные:	Непрерывные зерновые составы											
	А	90-100	66-90	56-70	48-62	40-50	28-38	20-28	14-20	10-16	6-12	4-10
	Б	90-100	76-90	68-80	60-72	50-60	38-48	28-37	20-28	14-22	10-16	6-12
	Прерывистые зерновые составы											
А	90-100	66-90	56-70	48-62	40-50	28-50	20-50	14-50	10-28	6-16	4-10	
Б	90-100	76-90	68-80	60-72	50-60	38-60	28-60	20-60	14-34	10-20	6-12	
Пористые	90-100	75-100 (90-100)	64-100	52-88	40-60	28-60	16-60	10-60	8-37	5-20	2-8	
Высокопористые щебёночные	90-100	55-75 (90-100)	35-64	22-52	15-40	10-28	5-16	3-10	2-8	1-5	1-4	
Высокопористые песчаные	-	-	-	-	70-100	64-100	41-100	25-85	17-72	10-45	4-16	
В скобках указаны требования к зерновым составам минеральной части а\б смесей при ограничении проектной документацией крупности применяемого щебня.												

Таблица 2.9. Зерновые составы минеральной части смесей - для верхних слоев покрытий

Вид и тип смеси и а/б	Размер зёрен, мм, мельче									
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
Горячие: - высокоплотные	90-100	70-100 (90-100)	56-100 990-1000	30-50	24-50	18-50	13-50	12-50	11-28	10-16
- плотные:	Непрерывные зерновые составы									
А	90-100	75-100 (90-100)	62-100 (90-100)	40-50	28-38	20-28	14-20	10-16	6-12	4-10
Б	90-100	80-100	70-100	50-60	38-48	28-37	20-28	14-22	10-16	6-12
В	90-100	85-100	75-100	60-70	48-60	37-50	28-40	20-30	13-20	8-14
Г	-	-	100	70-100	56-82	42-65	30-50	20-36	15-25	8-16
Д	-	-	100	70-100	60-93	42-85	30-75	20-55	15-33	10-16
	Прерывистые зерновые составы									
А	90-100	75-100	62-100	40-50	28-50	20-50	14-50	10-28	6-16	4-10
Б	90-100	80-100	70-100	50-60	38-60	28-60	20-60	14-34	10-20	6-12
Холодные:										
Б _х	90-100	85-100	70-100	50-60	33-46	21-38	15-30	10-22	9-16	8-123
В _х	90-100	85-100	75-100	60-70	48-60	38-50	30-40	23-32	17-24	12-17
Г _х и Д _х	-	-	100	70-100	62-82	40-68	25-55	18-43	14-30	12-20
В скобках указаны требования к зерновым составам минеральной части а/б смесей при ограничении проектной документацией крупности применяемого щебня.										

Пустотность минеральной части асфальтобетонов из горячих смесей должна быть в пределах, указанных в табл.2.10.

Вид и тип смеси	Пустотность, %
- высокоплотных	не более 16
- плотных типов: А и Б	от 14 до 19
В, Г и Д	не более 22
- пористых	не более 23
- высокопористых щебеночных	не менее 19
- высокопористых песчаных	не более 28

Таблица 2.10. Пустотность минеральной части асфальтобетонов из горячих смесей

2.3. Минеральный порошок (ГОСТ Р 52129-2003)

Минеральный порошок – материал, полученный при помоле горных пород или твердых отходов промышленного производства. Минеральный порошок может быть активированным при добавлении в него при помоле активирующих поверхностно-активных веществ (ПАВ).

Порошки в зависимости от показателей свойств и применяемых исходных материалов подразделяют на марки:

МП-1 - порошки неактивированные и активированные из осадочных (карбонатных) горных пород и порошки из битуминозных пород.

МП-2 - порошки из некарбонатных горных пород, твердых и порошковых отходов промышленного производства, измельченные основные металлургические шлаки, золы-уноса, золошлаковые смеси, пыль-уноса цементных заводов.

Показатели свойств порошков должны соответствовать требованиям, установленным в таблице 2.11.

Таблица 2.11. Показатели свойств минеральных порошков

Показатели	Значения для порошка марки		
	МП-1		МП-2
	неактивированный порошок	активированный порошок	
Зерновой состав, % по массе:			
мельче 1,25 мм	Не менее 100	Не менее 100	Не менее 95
мельче 0,315 мм	Не менее 90	Не менее 90	От 80 до 95
мельче 0,071 мм	От 70 до 80	От 70 до 80	Не менее 60
Пористость, %, не более	35	30	40
Набухание образцов из смеси порошка с битумом, %, не более	2,5	1,8	3,0
Водостойкость образцов из смеси порошка с битумом, %, не более	Не нормируется		0,7
Показатель битумоёмкости на 100 см ³ порошка, г, не более	Не нормируется		80
Влажность, % по массе, не более	1,0	Не нормируется	2,5

2.4. Битумы

Для горячих смесей применяются вязкие дорожные битумы марок БНД 40/60, БНД 60/90, БНД 90/130, БНД 90/130, БНД 130/200, БНД 200/300, БН 60/90, БН 90/130, БН 130/200, БН 200/300, а также жидкие дорожные битумы марок СГ 130/200, МГ 130/200, МГО 130/200

Для холодных смесей применяются жидкие дорожные битумы марок СГ 70/130, МГ 70/130, МГО 70/130.

Область применения асфальтобетонов при устройстве верхних слоев покрытий автомобильных дорог и городских улиц представлена в табл. 2.12.

Таблица 2.12. Область применения асфальтобетонов при устройстве верхних слоев покрытий автомобильных дорог и городских улиц

Дорожно-климатическая зона	Вид асфальтобетона	Категория автомобильной дороги					
		I, II		III		IV	
		Марка а/б	Марка битума	Марка а/б	Марка битума	Марка а/б	Марка битума
I	Плотный и высокоплотный	I	БНД 90/130 БНД 130/200 БНД 200/300	II	БНД 90/130 БНД 130/200 БНД 200/300 СГ 130/200 МГ 130/200 МГО 130/200	III	БНД 90/130 БНД 130/200 БНД 200/300 СГ 130/200 МГ 130/200 МГО 130/200
II, III	Плотный и высокоплотный	I	БНД 40/60 БНД 60/90 БНД 90/130 БН 90/130	II	БНД 60/90 БНД 90/130 БНД 130/200 БНД 200/300 БН 60/90 БН 90/130 БН 130/200 БН 200/300	III	БНД 60/90 БНД 90/130 БНД 130/200 БНД 200/300 БН 60/90 БН 90/130 БН 130/200 БН 200/300 СГ 130/200 МГ 130/200 МГО 130/200
	Из холодных смесей	-	-	I	СГ 70/130 СГ 130/200	II	СГ 70/130 СГ 130/200 МГ 70/130 МГ 130/200 МГО 70/130 МГО 130/200
IV, V	Плотный	I	БНД 40/60 БНД 60/90 БНД 90/130 БН 40/60 БН 60/90	II	БНД 40/60 БНД 60/90 БНД 90/130 БН 40/60 БН 60/90 БН 90/130	III	БНД 40/60 БНД 60/90 БНД 90/130 БН 40/60 БН 60/90 БН 90/130
	Из холодных смесей	-	-	I	СГ 70/130 СГ 130/200	II	СГ 70/130 СГ 130/200 МГ 70/130 МГ 130/200 МГО 70/130 МГО 130/200

Для городских скоростных и магистральных улиц и дорог следует применять асфальтобетоны из смесей видов и марок, рекомендуемых для дорог категорий I и II; для дорог промышленно-складских районов - рекомендуемые для дорог категории III; для остальных улиц и дорог - рекомендуемые для дорог категории IV.

Битумы марок БН рекомендуется применять в мягких климатических условиях, характеризующихся средними температурами самого холодного месяца года выше минус 10 °С.

Ориентировочное содержание битума в асфальтобетонных смесях представлено в таблице 2.13.

Таблица 2.13. Ориентировочное содержание битума в асфальтобетонных смесях

Вид смесей	Содержание битума, % по массе
1. Горячие:	
высокоплотные	4,0...6,0
плотные типов:	
А	4,5...6,0
Б	5,0...6,5
В	6,0...7,0
Г и Д	6,0...9,0
пористые	3,5...5,5
высокопористые щебеночные	2,5...4,5
высокопористые песчаные	4,0...6,0
2. Холодные типов:	
Б _х ,	3,5...5,5
В _х	4,0...6,0
Г _х и Д _х	4,5...6,5
- высокопористые щебёночные	2,5...4,0

2.5. Поверхностно-активные вещества

Поверхностно-активные вещества улучшают сцепление с поверхностью каменных материалов.

Анионные (АПAB) – железные соли карбоновых кислот, (для известняков, доломитов); оказывают структурирующее действие на битум, в результате чего необходимо повышение температуры при приготовлении и укладке а/б (0,25...1,5%).

Катионные (КПАВ) – для гранитов, песчаников, кварцитов; оказывают деструктурирующее действие на битум, уменьшают расход битума, значительно улучшают смачивание каменного материала битумом, снижают температуру приготовления и укладки а/б; затормаживают структурообразование а/б (3...6%).

Неионогенные (НПАВ) – торфяной и каменноугольный деготь (5...8%).

3. Физико-механические свойства асфальтобетона

Показатели физико-механических свойств высокоплотных и плотных асфальтобетонов из горячих смесей различных марок, применяемых в конкретных дорожно-климатических зонах, должны соответствовать указанным в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Физико-механические свойства высокоплотных и плотных асфальтобетонов из горячих смесей

Наименование показателя	Значение для асфальтобетонов марки								
	I			II			III		
	Для дорожно-климатических зон								
	I	II, III	IV, V	I	II, III	IV, V	I	II, III	IV, V
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Предел прочности при сжатии, при температуре 50 °С, МПа, не менее, для асфальтобетонов:									
- высокоплотных	1,0	1,1	1,2	-	-	-	-	-	-
- плотных типов:									
А	0,9	1,0	1,1	0,8	0,9	1,0	-	-	-
Б	1,0	1,2	1,3	0,9	1,0	1,2	0,8	0,9	1,1
В				1,1	1,2	1,3	1,0	1,1	1,2
Г	1,1	1,3	1,6	1,0	1,2	1,4	0,9	1,0	1,1
Д	-	-	-	1,1	1,3	1,5	1,0	1,1	1,2
Предел прочности при сжатии, при температуре 20 °С для асфальтобетонов всех типов, МПа, не менее	2,5	2,5	2,5	2,2	2,2	2,2	2,0	2,0	2,0
Предел прочности при сжатии, при температуре 0 °С для асфальтобетонов всех типов, МПа, не более	9,0	11,0	13,0	10,0	12,0	13,0	10,0	12,0	13,0
Водостойкость, не менее:									
- плотных асфальтобетонов	0,95	0,90	0,85	0,90	0,85	0,80	0,85	0,75	0,70
- высокоплотных асфальтобетонов	0,95	0,95	0,90	-	-	-	-	-	-
- плотных асфальтобетонов при длительном водонасыщении	0,90	0,85	0,75	0,85	0,75	0,70	0,75	0,65	0,60
- высокоплотных асфальтобетонов при длительном водонасыщении	0,95	0,90	0,85	-	-	-	-	-	-
Сдвигоустойчивость по:									
- коэффициенту внутреннего трения, не менее, для асфальтобетонов типов:									
высокоплотных	0,88	0,89	0,91	-	-	-	-	-	-
А	0,86	0,87	0,89	0,86	0,87	0,89	-	-	-
Б	0,80	0,81	0,83	0,80	0,81	0,83	0,79	0,80	0,81
В	-	-	-	0,74	0,76	0,78	0,73	0,75	0,77
Г	0,78	0,80	0,82	0,78	0,80	0,82	0,76	0,78	0,80
Д				0,64	0,65	0,70	0,62	0,64	0,66

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
- сцеплению при сдвиге при температуре 50 °С, МПа, не менее, для асфальтобетонов типов:									
высокоплотных	0,25	0,27	0,30	-	-	-	-	-	-
А	0,23	0,25	0,26	0,22	0,24	0,25	-	-	-
Б	0,32	0,37	0,38	0,31	0,35	0,36	0,29	0,34	0,36
В	-	-	-	0,37	0,42	0,44	0,36	0,40	0,42
Г	0,34	0,37	0,38	0,33	0,36	0,37	0,32	0,35	0,36
Д	-	-	-	0,47	0,54	0,55	0,45	0,48	0,50
Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С и скорости деформирования 50 мм/мин для асфальтобетонов всех типов, МПа:									
- не менее	3,0	3,5	4,0	2,5	3,0	3,5	2,0	2,5	3,0
- не более	5,5	6,0	6,5	6,0	6,5	7,0	6,5	7,0	7,5

Примечание:

Для крупнозернистых асфальтобетонов показатели сдвигоустойчивости и трещиностойкости не нормируются.

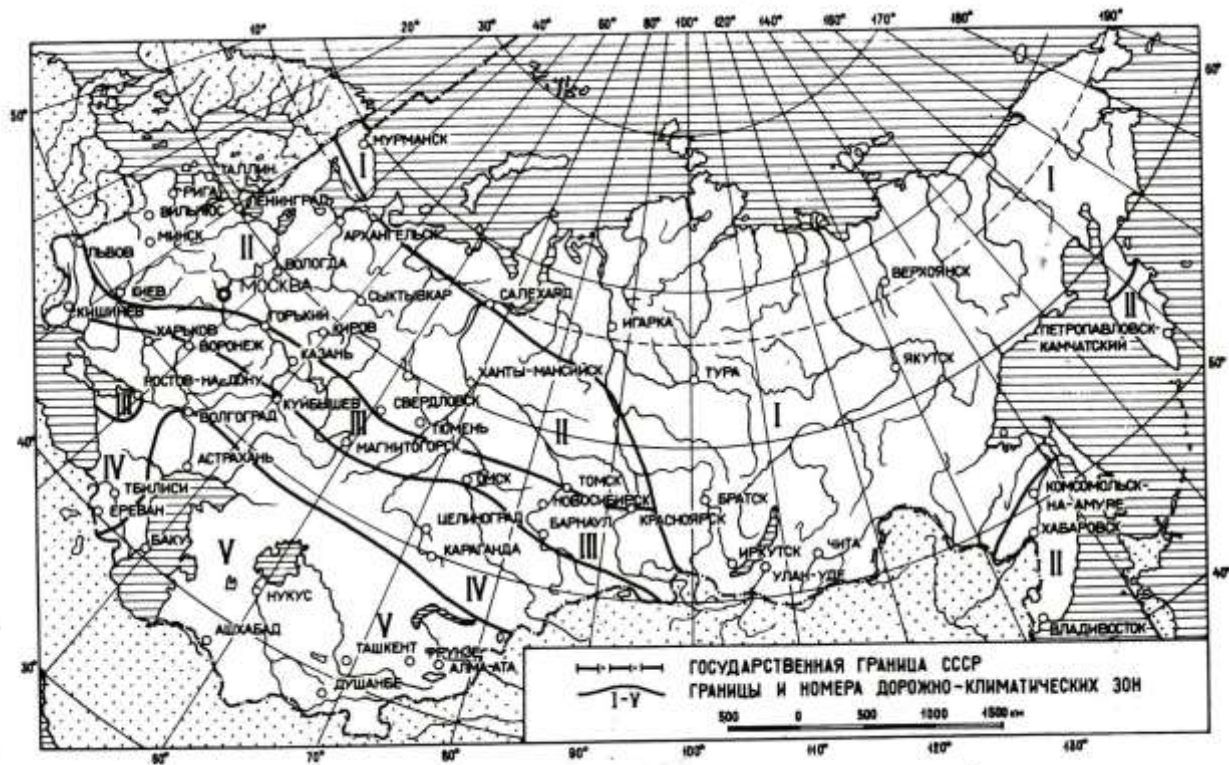


Рис. 1. Дорожно-климатические зоны

4. Проектирование состава асфальтобетонной смеси

Проектирование асфальтобетона включает в себя:

1. Анализ условий работы проектируемого асфальтобетона в конструкции: знать дорожно-климатическую зону строительства, категорию дороги, слой покрытия, для которого проектируется асфальтобетон.
2. Выбор способа производства работ в зависимости от погодных-климатических условий района строительства; иметь сведения о средствах механизации по производству, укладке и уплотнению асфальтобетона.
3. Выбор исходных материалов с учетом их стоимости и дефицитности; определение характеристик исходных материалов в соответствии с требованиями соответствующих стандартов.
4. Расчет состава асфальтобетона, который включает в себя:
 - подбор состава минеральной части;
 - расчет оптимального содержания битума;
5. Приготовление и испытание контрольных образцов асфальтобетона. Назначение оптимального состава асфальтобетонной смеси по результатам испытания.

4.1. Пример подбора состава асфальтобетона

4.1.1. Задание.

Подобрать состав асфальтобетона, предназначенного для верхнего слоя покрытия автомобильной дороги II категории во II дорожно-климатической зоне.

Пользуясь данными по классификации асфальтобетона (табл. 1, 2) и, в соответствии с заданием, выбираем в таблице 4.1 вид асфальтобетона (подчеркиваем):

Таблица 4.1. Выбор вида асфальтобетона

<u>горячий</u>	холодный
<u>щебёночный</u> , гравийный, песчаный	щебёночный, гравийный, песчаный
крупнозернистый, <u>мелкозернистый</u> , песчаный	крупнозернистый, мелкозернистый, песчаный
высокоплотный, <u>плотный</u> , пористый, высокопористый	-
тип А, <u>Б</u> , В, Г, Д	Б _х , В _х , Г _х , Д _х
марка <u>I</u> , II, III,	Марка I, II,
гранулометрия <u>непрерывная</u> , прерывистая	гранулометрия непрерывная,

Ведём расчёт для асфальтобетона: горячего, щебёночного, мелкозернистого, плотного, типа Б, непрерывной гранулометрии, I марки.

4.1.2. Характеристика исходных материалов

Щебень

Таблица 4.2. Гранулометрический состав щебня

Показатели	Размеры отверстий сит, мм					
	40	20	15	10	5	<5
Частные остатки, %	0	8,3	21,5	35,2	32,4	2,6
Полные остатки, %	0	8,3	29,8	65,0	97,4	100

Таблица 4.3. Физико-механические свойства щебня

Наименование показателя	Значение
Исходная горная порода	Гранит
Плотность исходной горной породы, кг/л	2,7
Средняя насыпная плотность, кг/л	1,4
Пустотность, %	48
Прочность (марка по дробимости в цилиндре), кгс/см ²	1200
Износостойкость в полочном барабане, марка, %	И 1, не более 25 %
Содержание пыли и глины, %	не более 1 %
Содержание глины в комках, %	не более 0,25 %
Морозостойкость, циклы	50
Содержание лещадных частиц, %	не более 25 %
Наибольшая крупность, мм	20

Песок

Таблица 4.4. Гранулометрический состав песка

Показатели	Размеры отверстий сит, мм							
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071	<0,071
Частные остатки, %	9,8	14,0	16,0	20,9	20,6	13,6	3,4	1,7
Полные остатки, %	9,8	23,8	39,8	60,7	81,3	94,9	98,3	100

Таблица 4.5. Физико-механические свойства песка

Наименование показателя	Значение
Вид песка	Природный речной
Плотность исходной горной породы, кг/л	2,65
Средняя насыпная плотность, кг/л	1,5
Пустотность, %	43
Гравелистость Гр 10, %	0
Гравелистость Гр 5, %	9,8
Модуль крупности	3,54
Класс песка, группа	II, повышенной крупности
Содержание пылевидных глинистых частиц, %	не более 2
Содержание глины в комках, %	не более 0,25

Минеральный порошок

Таблица 4.6. Гранулометрический состав минерального порошка

Показатели	Размеры отверстий сит, мм					
	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071	<0,071
Частные остатки, %	0,9	2,8	8,2	8,5	7,6	72,0
Полные остатки, %	0,9	3,7	11,9	20,4	28,0	100

Таблица 4.7. Физико-механические свойства минерального порошка

Наименование показателя	Значение
Вид минерального порошка (сырьё)	Известняковый
Марка	МП 1
Насыпная плотность, г/см ³ (кг/л)	1,2 (1,2)
Пористость порошка в уплотненном состоянии, %	не более 35
Набухание в смеси с битумом, %	не более 2,5 %
Водостойкость образцов из смеси порошка с битумом, %	не нормируется для МП 1
Показатель битумоёмкости на 100 см ³ порошка, г	не нормируется для МП 1
Влажность, % по массе	не более 1 %

Битум БНД 60/90 – (II категория автомобильной дороги, II климатическая зона, плотный асфальтобетон I марки) (см. табл. 2.12).

Таблица 4.8. Свойства битума БНД 60/90

Наименование показателя	Требования ГОСТ 22245-90
Глубина проникания иглы при 25 °С	61...90
при 0 °С	не менее 20
Температуры размягчения битума, °С	не ниже 47
Растяжимость битума при 25 °С	не ниже 55
при 0 °С	не ниже 3,5
Температура хрупкости, при 0 °С	не выше -15
Температура вспышки, °С	не ниже 230
Изменения температуры размягчения после прогрева, °С	не более 5
Индекс пенетрации	-1,0...+1,0

4.1.3. Подбор минеральной части асфальтобетонной смеси по предельным кривым

Зерновые составы исходных материалов (щебня, песка и минерального порошка) из таблиц 4.2, 4.4 и 4.6 записываем в таблицу 4.9 (в графы 2, 3, 4).

Подбор состава асфальтобетона начинаем с определения количества **щебня**. Исходим из того, что в 100% используемого щебня содержится 97,4 % частиц крупнее 5 мм (см. таблицу 4.2 «Гранулометрический состав щебня»). В минеральной части асфальтобетона типа Б должно содержаться таких частиц от 40 до 50 % (табл. 1.1). Приняв за необходимое количество щебёночных частиц в смеси 45 %, составляем пропорцию:

$$\begin{array}{l} 100 \% - 97,4 \% \\ \text{Щ} - 45 \% \end{array} \quad \text{Щ} = \frac{45}{97,4} \cdot 100 = 46,2\%$$

Для расчёта принимаем 46 %. Затем определяем содержание каждой фракции щебня в смеси минеральных материалов:

сито с отверстием 20 мм:	$8,3 \cdot 46/100 = 3,8 \%$
сито с отверстием 15 мм:	$21,5 \cdot 46/100 = 9,9 \%$
сито с отверстием 10 мм:	$35,2 \cdot 46/100 = 16,2 \%$
сито с отверстием 5 мм:	$32,4 \cdot 46/100 = 14,9 \%$
сито с отверстием 2,5 мм:	$2,6 \cdot 46/100 = 1,2 \%$
Итого:	46 % .

Заносим полученные значения в графу 4 таблицы 4.9.

Определяем количество **минерального порошка** в смеси минеральных материалов. Фракцией, определяющей минеральный порошок, является фракция мельче 0,071 мм. В 100 % минерального порошка таких частиц содержится 72 % (см. таблицу 4.6 «Гранулометрический состав минерального порошка»). Для минеральной части асфальтобетона типа Б для непрерывных зерновых составов в соответствии с табл. 2.9 содержание таких частиц должно быть от 6 до 12 % . Назначив его равным 8 % , находим:

$$\begin{array}{l} 100 \% - 72,0 \% \\ \text{МП} - 8 \% \end{array} \quad \text{МП} = \frac{8\%}{72\%} \cdot 100\% = 11,1\%$$

Для расчёта принимаем 11 %. Определяем содержание каждой фракции минерального порошка в смеси каменных материалов:

сито с отверстием 1,25 мм:	$0,9 \cdot 11/100 = 0,1 \%$
сито с отверстием 0,63 мм:	$2,8 \cdot 11/100 = 0,3 \%$
сито с отверстием 0,315 мм:	$8,2 \cdot 11/100 = 0,9 \%$
сито с отверстием 0,14 мм:	$8,5 \cdot 11/100 = 0,9 \%$
сито с отверстием 0,071 мм:	$7,6 \cdot 11/100 = 0,8 \%$
мельче 0,071 мм:	$72,0 \cdot 11/100 = 8,0 \%$
Итого:	11 %

Заносим полученные значения в графу 6 таблицы 4.9.

Количество **песка** в смеси определим путем вычитания из 100 % значений, соответствующих содержанию щебня и минерального порошка: $100\% - 46\% - 11\% = 43\%$.

Далее находим содержание каждой фракции песка в смеси каменных материалов:

сито с отверстием 5 мм:	$9,8 \cdot 43/100 = 4,2 \%$
сито с отверстием 2,5 мм:	$14,0 \cdot 43/100 = 6,0 \%$
сито с отверстием 1,25 мм:	$16,0 \cdot 43/100 = 6,9 \%$
сито с отверстием 0,63 мм:	$20,9 \cdot 43/100 = 9,0 \%$
сито с отверстием 0,315 мм:	$20,6 \cdot 43/100 = 8,9 \%$
сито с отверстием 0,14 мм:	$13,6 \cdot 43/100 = 5,8 \%$
сито с отверстием 0,071 мм:	$3,4 \cdot 43/100 = 1,5 \%$
мельче 0,071 мм:	$1,7 \cdot 43/100 = 0,7 \%$
Итого:	43% .

Заносим полученные значения в графу 7 таблицы 4.9.

Суммируем частные остатки щебня, песка и минерального порошка на каждом сите и заносим их в графу 8 табл. 4.9, после чего рассчитываем величины полных остатков на ситах (графа 9) и полных проходов через сита (графа 10).

Внесем в графу 11 таблицы 4.9 рекомендуемые ГОСТом пределы содержания частиц минеральных материалов мельче данного размера (из табл. 2.9).

Сравнение полученных значений полных проходов в проектируемой смеси с рекомендуемыми пределами показывает, что подобранная смесь соответствует требованиям ГОСТ 9128-2009. Если полученный зерновой состав вышел за рекомендуемые пределы, то расчет следует повторить, изменив соотношение компонентов.

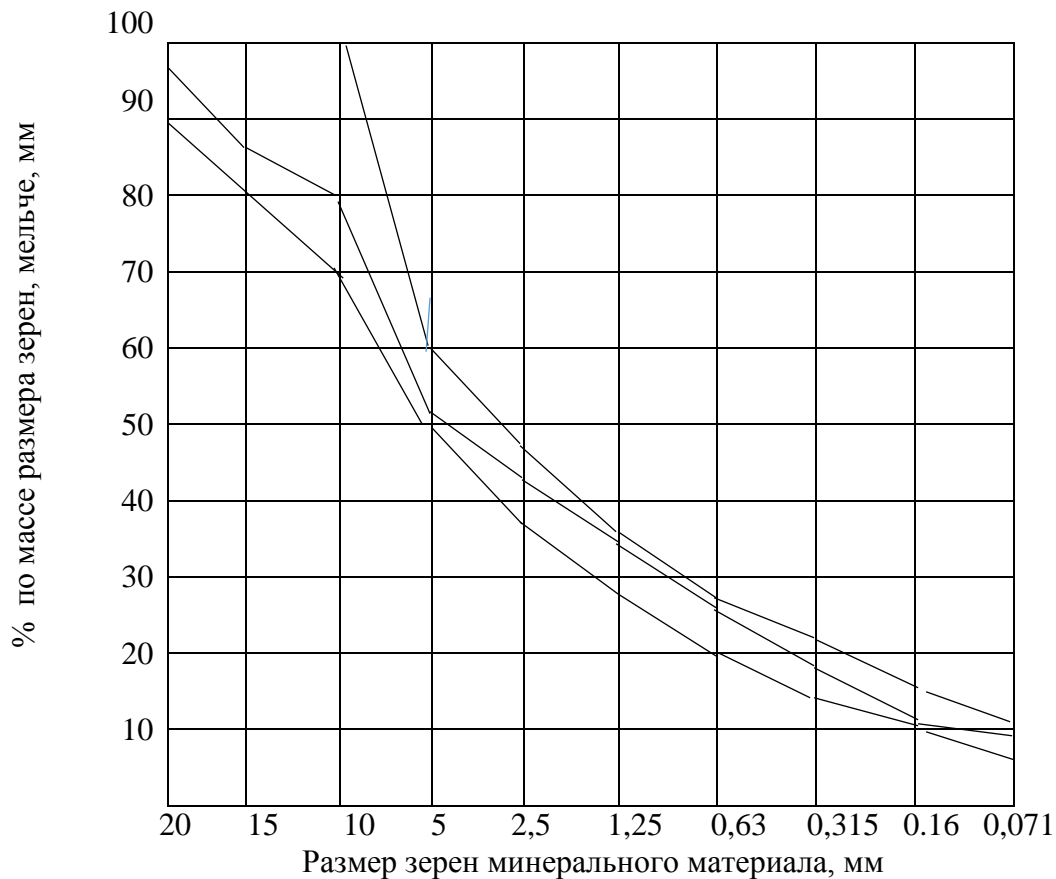


Рис. 2. Гранулометрические составы смесей: оптимальные по ГОСТ и проектируемый

Таблица 4.9

Размер частиц, мм	Гранулометрический состав исходных материалов, частные остатки, %			Гранулометрический состав материалов в проектируемой смеси, частные остатки, %			Сумма частных остатков на ситах в проектируемой смеси, %	Полные остатки на ситах в проектируемой смеси, %	Полные проходы в проектируемой смеси, %	Рекомендуемые пределы полных проходов по ГОСТ 9128-2009, %
	Щебень	Песок	Минеральный порошок	Щебень	Песок	Минеральный порошок				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
40	-									
20	8,3			3,8			3,8	3,8	96,2	90-100
15	21,5			9,9			9,9	13,7	86,3	80-100
10	35,2			16,2			16,2	29,9	70,1	70-100
5	32,4	9,8		14,9	4,2		19,1	49,0	51,0	50-60
2,5	2,6	14,0		1,2	6,0		7,2	56,2	43,8	38-48
1,25		16,0	0,9		6,9	0,1	7,0	63,2	36,8	28-37
0,63		20,9	2,8		9,0	0,3	9,3	72,5	27,5	20-28
0,315		20,6	8,2		8,9	0,9	9,8	82,3	17,7	14-22
0,16		13,6	8,5		5,8	0,9	6,7	89,0	11	10-16
0,071		13,4	7,6		1,5	0,8	2,3	91,3	8,7	6-12
<0,071		1,7	72		0,7	8,0	8,7	100	-	-
Итого :	100	100	100	46	43	11	100	-		

4.1.4. Расчет содержания битума в асфальтобетонной смеси по битумоёмкости минеральных материалов

Содержание битума в асфальтобетонной смеси определяем по битумоёмкости минеральных материалов по формуле

$$B = k \cdot \sum_{0,071}^{40} B_i \cdot P_i ,$$

где B – содержание битума в смеси;

k - коэффициент, зависящий от вязкости (марки) битума, принимаемый в соответствии с табл.

B_i - удельная битумоёмкость фракций, %;

значения битумоёмкости различных минеральных материалов для различных фракций приведены для битума БНД-90/130;

P_i - содержание фракции в смеси в частях от целого;

В табл. 4.10 дана удельная битумоёмкость битума БНД 90/130 различных материалов для различных фракций.

Таблица 4.10. Удельная битумоёмкость B_i битума БНД-90/130 ($k = 1,0$), %

Фракция, мм	Вид минерального материала					
	Порошок, высевки, щебень из мелкозернистого гра- нита	Порошок, высевки, щебень из плотного из-	Природный кварцевый песок	Порошок, высевки, щебень из песчаника	Доломитовая пыль, обожженная	Песок карьер- а “Серебря- ный бор”
20...40	4,2	2,5				
15...20	4,5	2,9		4,0		
10...5	4,7	3,0		4,5		
5...0	5,2	3,2	2,9	4,8		
2,5...5	5,6	4,6	3,3	5,0		
1,25..2,5	5,7	5,3	3,8	5,2	13,5	3,4
,63...1,25	5,9	6,0	4,6	5,4	14,25	4,2
0,315...0,63	6,4	7,0	4,8	5,8	15,2	6,6
0,16...0,315	7,4	7,3	6,1	8,5	15,6	7,3
0,071...0,16	8,4	9,4	7	9,3	16	
< 0,071	18	16	14	14	22,5	

Таблица 4.11. Коэффициент, зависящий от марки битума

Марка битума	БНД 40/60	БНД 60/90	БНД 90/130	БНД 130/200	БНД 200/300
Коэффициент k	1,10	1,05	1	0,95	0,90

Таблица 4.12. Определение расхода битума по битумоёмкости отдельных фракций

Фракция, мм	Расход материалов, частные остатки от целого *			Удельная битумоёмкость, %			Расход битума по фракциям смеси, %
	Щебень	Песок	Минераль- ный поро- шок	Щебень	Песок	Минераль- ный поро-	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
20-40	0,038			4,2			0,038x4,2=0,1596
15-20	0,099			4,5			0,099x4,5=0,4455
10-15	0,162			4,7			0,162x4,7=0,7614
5-10	0,149	0,042		5,2	2,9		0,7748+0,1218=0,8966
2,5- 5	0,012	0,060		5,6	3,3		0,0672+0,198=0,2652
1,25-2,5		0,069	0,001		3,8	5,3	0,2622+0,0053=0,2675
0,63-1,25		0,090	0,003		4,6	6,0	0,414+0,018=0,432
0,315-0,63		0,089	0,009		4,8	7,0	0,4272+0,063=0,4902
0,16-0,315		0,058	0,009		6,1	7,3	0,3538+0,0657=0,4195
0,071-0,16		0,015	0,008		7,0	9,4	0,105+0,0752=0,1802
< 0,071		0,007	0,080		14	16	0,098+1,280=1,378
Итого:							5.6939

*3,8 % записываются как 0,038 и т.д.

С учётом коэффициента вязкости $k = 1,05$ для битума БНД 60/90 (табл. 4.11) расчетное количество битума в подобранной расчетным путем асфальтобетонной смеси составит 5,98 %.

Обычно для уточнения расчетного количества битума готовят три смеси с различным содержанием битума, отличающимся на 0,5% (или 1%) в большую и меньшую сторону от расчетного (в нашем случае 5,5; 6,0 и 6,5% или 5, 6 и 7%). Из асфальтобетонных смесей формируют образцы, определяют физико-механические свойства асфальтобетона и один из составов, наиболее соответствующий требованиям ГОСТ 9128-2009, принимают за оптимальный.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 9128-2009 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия.
2. ГОСТ 8736-2014 Песок для строительных работ. Технические условия.
3. ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия.
4. ГОСТ Р 52129-2003 Минеральный порошок. Технические условия.
5. Т.Н. Акимова, Н.В. Быстров, Э.В. Котлярский. Лабораторный практикум по дорожно-строительным материалам. Битумы. Асфальтобетон. М.: МАДИ, 2006. 63 с.
6. Дорожно-строительные материалы. Учеб. Для вузов/ И.М. Грушко, И.В. Королёв, И.М. Борщ, Г.М. Мищенко. – 2-е изд. – М.; Транспорт, 1991. - 357 с.

Учебно-методическое издание

Акимова Тамара Николаевна

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ

Учебно-методическое пособие

Тираж 100 экз. Изд. № 14-17