



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Колледж СамГТУ

Н.В. ВЛАСОВА

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

*Методические указания
к практическим занятиям*

Самара
Самарский государственный технический университет
2024

Печатается по решению методической комиссии Колледжа СамГТУ
(протокол № 3 от 22.11.2024 г.).

Составитель: Н.В. Власова

Эксплуатация и ремонт инженерных сооружений: методические указания к практическим занятиям для студентов СПО / *Н.В. Власова*. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2024. – 60 с.

Методические указания предназначены для обучающихся по специальности среднего профессионального образования 08.02.02 Строительство и эксплуатация инженерных сооружений.

Методические указания включают в себя комплект методических материалов, необходимых для успешной подготовки и участия в проведении практических занятий по междисциплинарному курсу: «Эксплуатация и ремонт инженерных сооружений».

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	5
Практическое занятие №1	13
Изучение производственно-технической документации на эксплуатируемое сооружение.....	13
Практическое занятие №2	14
Оформление производственно-технической документации при приемке в эксплуатацию сооружения	14
Практическое занятие №3	16
Оформление отступлений от утвержденного проекта и действующих нормативных документов.	16
Практическое занятие №4	20
Оформление технической документации соответствия физических и механических характеристик строительных материалов требованиям проекта и нормативных документов	20
Практическое занятие №5	20
Оформление актов приемки на скрытые работы.	20
Практическое занятие №7	21
Анализ отступлений от утвержденного проекта и действующих нормативных документов	21
Практическое занятие №8	22
Составление дефектной ведомости на железобетонные конструкции инженерного сооружения.	22
Практическое занятие №9	23
Выявление дефектов в конструкциях инженерного сооружения....	23
Практическое занятие № 10.....	24
Практическое занятие №11	28
Указание основных дефектов конструкции на общем виде инженерного сооружения.	28
Практическое занятие № 12.....	31
Составление дефектной ведомости на деревянные конструкции инженерного сооружения.	31
Практическое занятие №13	33
Составление дефектной ведомости на конструкции инженерного сооружения	33
Практическое занятие №14.....	34

Подбор состава работ планово-предупредительного ремонта городского инженерного сооружения	34
Практическое занятие №15	35
Подбор состава работ планово-предупредительного ремонта инженерного сооружения.	35
Практическое занятие №16	37
Составление технологической схемы производства работ по торкретированию бетонных конструкций	37
Практическое занятие №17	41
Составление технологической схемы производства работ по ремонту повреждений инженерного сооружения	41
Практическое занятие №18	44
Выбор способа ремонта в соответствии с дефектами конструкций	44
Практическое занятие №19	46
Разработка рекомендации по анализу и оценке наиболее характерных дефектов и повреждений	46
Практическое занятие №20	47
Составление технологической схемы производства работ по ремонту повреждений инженерного сооружения	47
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	49
ПРИЛОЖЕНИЯ	51

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания предназначены для обучающихся по специальности 08.02.02 Строительство и эксплуатация инженерных сооружений и осваивающих междисциплинарный курс «Эксплуатация и ремонт инженерных сооружений»

Методические указания содержат практические занятия по темам дисциплины.

Практическое занятие – это форма организации учебного процесса, предполагающая выполнение обучающимися заданий самостоятельно и под руководством преподавателя. Дидактическая цель практических заданий – формирование у обучающихся профессиональных и практических умений, необходимых для изучения последующих учебных дисциплин, а также подготовка к применению этих умений в профессиональной деятельности.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование практических умений – профессиональных (выполнение определенных действия, операций, предписаний, необходимых в последующей профессиональной деятельности) или учебных (решение задач), необходимых в последующей учебной деятельности.

Наряду с формированием умений и навыков, в процессе практических занятий обобщаются, систематизируются, углубляются и конкретизируются теоретические знания, вырабатывается способность и готовность использовать знания на практике, развиваются интеллектуальные умения.

В методических указаниях приведены указания по выполнению практических работ, задания, теоретический материал и вопросы для самопроверки к каждой теме практического занятия.

Задания для выполнения практических работ

Студенты должны определить следующие эксплуатационные характеристики мостового полотна: показатель обеспеченности расчетной скорости, уровень загрузки инженерного сооружения движением, показатели аварийности, ровности, сцепных качеств покрытия, а также показатели прочности мостового полотна на инженерных сооружениях на основе данных испытаний характеристики состояния мостового полотна в зависимости от вида и количества дефектов по данным визуального обследования.

Варианты заданий приведены в табл. 1, 2, 3, 4, 5 .

Таблица 1

Исходные данные для оценки показателей техничко-эксплуатационного состояния мостового полотна.

Вариант задания	Фактические показатели ТЭС мостового полотна				
	$V_{ф\max}$, км/ч	$N_{ф}$, авт/сут	Пропускная способность, авт/сут	$K_{аф}$	$\phi_{ф}$
1	110	4250	7000	20	0,28
2	90	4600	7000	30	0,24
3	100	5800	10000	25	0,26
4	80	6500	12000	37	0,32
5	90	3200	*	24	0,27
6	100	6700	10000	25	0,26
7	60	1500	*	18	0,40
8	110	7400	10000	26	0,29
9	80	3500	*	34	0,21
10	80	2400	*	32	0,23

Примечания:

1 Значения коэффициента сцепления определялись ПКРС-2 с протектором без рисунка.

2. Для дорог с фактической интенсивностью движения менее 4000 авт/сут пропускную способность не проверяют [1]

Таблица 2

Исходные данные для визуальной оценки состояния мостового полотна

№ пп.	Состояние покрытия и характер повреждения	Длина участка с данным видом дефекта, м, по вариантам									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Отдельные трещины на расстоянии 20-40 м между трещинами	200	500	270	220	300	-	-	-	300	-
	То же на расстоянии 10-20м	200	400	320	240	340	-	-	-	200	-
2.	Редкие трещины на расстоянии между соседними трещинами 8-10 м	310	120	150	200	400	-	520	-	300	-
	То же 6-8 м	250	140	-	150	100	-	480	-	280	-
	То же 4-6 м	420	160	180	220	-	-	330	220	320	120
3.	Частые трещины на расстоянии между соседними трещинами 3-4 м	150	210	240	180	120	300	470	250	410	140
	То же 2-3 м	200	180	200	170	-	200	440	-	310	-
	То же 1-2 м	170	140	-	220	-	250	400	-	250	110
4.	Сетка трещин при относительной площади, занимаемой сеткой, менее 30 %	120	200	180	190	280	380	100	120	-	510
	То же 30-60%	110	-	120	130	-	340	-	180	-	120
	То же 60-90%	100	-	-	90	-	120	-	110	-	-
5.	Колейность при средней глубине колеи 5 мм	420	400	240	230	320	300	-	120	110	400
	То же 5-10 мм	110	-	-	250	110	320	150	180	-	200
	То же 10 мм	100	-	-	100	-	250	-	110	-	-
6.	Просадки при относительной площади просадок 20%	50	100	-	170	30	-	-	50	30	40
	То же 20-50%	-	-	-	160	40	-	-	-	10	10
7.	Проломы мостового полотна при относительной площади, занимаемой проломами, 10%	-	20	-	-	30	25	-	-	40	30

Таблица 3

Исходные данные для оценки прочности мостового полотна

Параметры	Варианты задания									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Категория дороги на эксплуатируемом сооружении	III	III	II	III	IV	II	III	III	IV	III
Приведённая интенсивность движения $N_{пр}$, ед./сут	320	230	475	280	105	390	220	260	90	145
Дорожно-климатическая зона	II	II	II	II	II	III	II	II	III	II
Грунт земляного полотна	Супесь лёгкая	Песок пылеватый	Суглинок пылеватый	Суглинок тяжёлый	Глина	Супесь пылеватая	Суглинок пылеватый	Супесь лёгкая	Суглинок тяжёлый	Глина
Тип местности по увлажнению	2	2	2	3	2	2	3	3	3	2
Относительная влажность грунта	0,70	0,70	0,75	0,73	0,69	0,77	0,63	0,67	0,72	0,74
Тип покрытия	К	А	П	И	Т	А	Л	Ь	Н	ЫЙ
Общая толщина дорожной одежды, м	0,55	0,62	0,64	0,58	0,57	0,73	0,63	0,59	0,50	0,58

Толщина песчаного слоя, м	0,30	0,30	0,32	0,28	0,28	0,35	0,32	0,30	0,26	0,28
Толщина асфальтобетона, м	0,10	0,11	0,16	0,11	0,10	0,14	0,16	0,14	0,10	0,12
Марка асфальтобетона, м	II	II	I	II	II	I	II	II	II	II
Температура асфальтобетона, С°	10	10	20	30	30	10	5	15	10	20
Вид испытаний	Статические	Динамические	Статические	Динамические	Статические	Статические	Динамические	Динамические	Статические	Динамические
Вид нагрузок или установки	Жёсткий штамп	ДИНА	Жёсткий штамп	УДН-НК	Колесо автомобиля	Жёсткий штамп	ДИНА	ДИНА	Колесо автомобиля	УДН-НК
Диаметр штампа, м	0,357	0,34	0,357	По расчёту*	0,33	0,357	0,34	0,34	0,33	По расчёту*

Для испытательной установки УДН-НК диаметр отпечатка колеса определяется по формуле

$$D=0.0342 \sqrt{\frac{Q}{P_{ш}}}, Q=50 \text{ кН}; P_{ш}=0,6 \text{ МПа}.$$

Таблица 4

Прогибы дорожных одежд

Номер точек	Прогиб мостового полотна, мм, по вариантам задания									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,95	1,18	1,30	1,13	1,03	1,10	1,30	1,29	0,78	1,16
2	1,03	1,40	1,35	1,08	1,05	1,12	1,42	1,17	0,85	1,02
3	0,89	1,30	1,45	1,02	0,89	1,03	1,28	1,32	1,03	1,24
4	0,79	0,98	1,56	1,09	1,10	1,25	1,24	1,24	0,98	1,28
5	0,88	0,92	1,48	1,31	1,02	1,23	1,15	1,20	0,94	1,07
6	1,30	0,99	1,39	1,22	0,95	1,18	1,38	1,25	0,99	1,11
7	1,25	1,10	1,47	1,04	1,03	1,02	1,18	1,17	2,15	1,19
8	0,99	2,17	1,51	0,99	2,06	1,34	1,02	1,25	1,02	1,05
9	1,15	1,25	1,62	2,58	0,98	1,31	1,26	1,16	0,88	0,98
10	1,17	1,18	1,64	1,27	1,04	1,20	1,30	1,29	0,72	1,21

Таблица 5

Исходные данные для оценки ровности покрытий

Варианты задания	Показания измерительных приборов, см/км		Количество просветов под рейкой >6мм, %
	Толчкомер	ПКРС-2	
1	120		
2	170		
3		640	
4		730	
5			9
6			7
7	180		
8	145		
9			8
10		590	

Методические указания для практических работ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Эксплуатационное состояние мостового сооружения - степень соответствия нормативным требованиям переменных параметров и характеристик мостового сооружения, изменяющихся в процессе эксплуатации под воздействием нагрузок транспортных средств, метеорологических условий и уровня содержания.

Основные технико-эксплуатационные характеристики, по которым оценивается состояние мостового сооружения: обеспеченная скорость движения автомобилей пропускная способность и уровень загрузки дороги движением, безопасность движения, прочность мостового полотна, ровность и сцепные качества покрытия. В зависимости от значений показателей этих параметров и характеристик назначаются работы по содержанию и ремонту мостовых сооружений.

Содержание мостовых сооружений в весенний, летний и осенний периоды

включает работы по систематическому уходу за мостовым сооружением для поддержания ее в надлежащем, состоянии в течение всего года. К содержанию относятся также следующие работы: устранение выбоин, раковин, трещин, отдельных волн, бугров, наплывов и т. п. в мостовых покрытиях; работы по профилактической защите цементобетонных покрытий от поверхностных разрушений (пропитка); работы по ликвидации выбоин, раковин, по ликвидации кромок и углов плит, а также по заливке трещин и швов в цементобетонных покрытиях. Кроме того, к содержанию относятся работы по устранению местных просадок и вспучиваний для всех типов покрытий.

Ремонт мостового полотна заключается в работах по восстановлению слоя износа, улучшению ровности, повышению шероховатости и сцепных качеств покрытия, по усилению мостового полотна и уширению проезжей части.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОСТОВОГО СООРУЖЕНИЯ

Практическое занятие №1

Изучение производственно-технической документации на эксплуатируемое сооружение

Мостовые сооружения по эксплуатационному состоянию должны обеспечивать возможность безопасного движения автомобилей с

максимальной скоростью, близкой к расчетной для данной категории дороги. Скорость движения автомобилей ,оценивается по эксплуатационному коэффициенту обеспеченности расчетной скорости $K_{рсз}$

определяемому по формуле:

$$K_{рсз} = \frac{V_{ф\max}}{V_p}, \quad (1)$$

Где $v_{ф\max}$ - фактическая максимальная скорость движения на каждом участке эксплуатируемого мостового сооружения;

V_p - расчетная скорость для данной категории дороги в соответствии со СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги.

Фактические скорости движения для каждого варианта задания приведены в табл. 1.

Назначение ремонтных работ в зависимости от величины $K_{рсз}$ осуществляется в соответствии с табл. 6.

Таблица 6

Значение коэффициента $K_{рсз}$	Требуемый вид работ
0,75 – 1,0	Содержание
0,75	Ремонтные работы
0,5 - 0,75	В неблагоприятные периоды года требуется усиленное содержание и последующее улучшение
< 0,5	Первоочередная перестройка

Практическое занятие №2

Оформление производственно-технической документации при приемке в эксплуатацию сооружения

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКОГО МОДУЛЯ УПРУГОСТИ МОСТОВОГО ПОЛОТНА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ИСПЫТАНИЙ

Фактический общий модуль упругости мостового полотна определяется по формуле:

$$E_{ф}^{общ} = \frac{P \cdot D}{l} (1 - \mu^2), \quad (2)$$

где P - среднее удельное давление, передаваемое нагрузкой испытательной установки, МПа:

$$P = \frac{0.00127Q}{D^2},$$

Q - испытательная нагрузка, КН;

D- диаметр штампа или круга, равновеликого отпечатку колеса, м;

l - измеряемый при испытаниях прогиб мостового полотна, м;

μ- коэффициент Пуассона; μ принимается равным 0,3.

Результаты прочностных испытаний мостового полотна, проведенных в различные периоды года, за исключением зимнего, должны быть приведены к расчетному периоду, т. е. к периоду, когда несущая способность грунтов земляного полотна наименьшая.

Расчетный фактический общий модуль упругости мостового полотна в каждой точке и определяется по формуле:

$$E_{\text{фр } i}^{\text{общ}} = E_{\text{ф}}^{\text{общ}} \cdot K_{\text{р } i}, \quad (3)$$

где $E_{\text{ф}}^{\text{общ}}$ - фактический общий модуль упругости мостового полотна в i-й точке, определенный по формуле (2) на основе, данных испытаний в нерасчетный период года;

$K_{\text{р } i}$ - коэффициент приведения к расчетному модулю упругости,

учитывающий сезонные изменения несущей способности грунтов;

Коэффициент, $K_{\text{р } i}$, определяется по табл 1-4 прил. 1 В зависимости от типа влажности грунта, толщины и температуры асфальтобетона

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Определяется среднее значение модуля упругости мостового полотна на обследуемом участке по результатам испытаний $E_{\text{ф ср}}^{\text{общ}}$

$$E_{\text{ф ср}}^{\text{общ}} = \frac{\sum_{i=1}^n E_{\text{фр } i}^{\text{общ}}}{n}, \quad (4)$$

где $E_{\text{фр } i}^{\text{общ}}$ - значение общего модуля упругости в i-й точке, вычисленное по формуле (2), МПа;

n - число измерений (точек), а которых производились испытания.

Определяется среднеквадратическое отклонение σ :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_{\text{ф ср}}^{\text{общ}} - E_{\text{фр } i}^{\text{общ}})^2}{n - 1}}. \quad (5)$$

Определяется коэффициент вариации v.

$$v = \frac{\sigma}{E_{\text{ф ср}}^{\text{общ}}}, \quad (6)$$

Определяется расчетное значение фактического общего модуля упругости мостового полотна на обследуемом участке по формуле

$$E_{\text{фр}}^{\text{р}} = E_{\text{ф ср}}^{\text{общ}} (1 - tv), \quad (7)$$

где t - коэффициент нормированного отклонения для заданного уровня надёжности, определяемый, в зависимости от числа измерений по табл. 5 прил. 1. Уровень надёжности K определяется по табл. 6 прил. 1 в зависимости от категории дороги.

Практическое занятие №3

Оформление отступлений от утвержденного проекта и действующих нормативных документов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБУЕМЫХ РАСЧЕТНЫХ МОДУЛЕЙ УПРУГОСТИ МОСТОВОГО ПОЛОТНА

Требуемые модули упругости $E_{тр}$ принимаются в зависимости от приведенной к нагрузке группы A интенсивности движения и от способа нагружения мостового полотна при испытаниях по табл. 11. При динамическом нагружении принимается динамический требуемый модуль упругости $E_{тр.д}$;

при статическом статический требуемый модуль упругости $E_{тр.с}$; при испытаниях колесом движущегося автомобиля - требуемый модуль упругости при малой скорости нагружения $E_{тр.ос}$.

Требуемый расчетный модуль упругости мостового полотна (т. е. с учётом всех критериев прочности, а также с учетом ровности покрытия) $E_{тр.р}$ определяется по формуле

$$E_{тр.р} = (E_{тр} \cdot K'_{пр} \cdot K_s + \Delta) \cdot K_k \cdot K_M, \quad (15)$$

где $E_{тр}$ – требуемый модуль упругости, определенный по табл. 11 для данного вида нагружения;

$K'_{пр}$ - нормативный коэффициент прочности мостового полотна; принимается по табл. 6 прил. 1 в зависимости от категории дороги; типа мостового полотна и покрытия;

K_s - коэффициент, учитывающий необходимость обеспечения требуемой ровности; K_s определяется по табл. 12 в зависимости от приведенной интенсивности движения и требуемой ровности покрытия по толчкомеру; требуемая ровность покрытия по толчкомеру определяется по табл. 9 в зависимости от группы (категории) мостового сооружения;

Δ - поправка, учитывающая обеспечение прочности по сдвигу в грунте земляного полотна; Δ определяется по табл. 14 в зависимости от общей толщины мостового полотна (включая дренирующий слой) и климатических и грунтово-геологических условий (тяжелых, сложных, средней сложности); тип климатических и грунтово-геологических условий принимается по табл. 13;

K_k – коэффициент, учитывающий обеспечение прочности по сдвигу песчаного слоя; K_k определяется по табл. 15 в зависимости от приведенной интенсивности движения, толщины песчаного слоя и общей толщины слоев мостового полотна над песчаным слоем;

K_m – коэффициент, учитывающий обеспечение прочности верхних асфальтобетонных слоев на растяжение при изгибе; K_m определяется по табл. 16 в зависимости от приведенной интенсивности движения, относительной толщины асфальтобетонного покрытия $h_{a/b}/D$ и марки асфальтобетона.

После определения $E_{фр}^P$ и $E_{тр.р}$ определяется фактический коэффициент прочности.

При коэффициенте прочности $K_{пр} < 1$ назначаются ремонтные работы; при $K_{пр} > 1$ – работы по содержанию мостового сооружения.

Исходные данные для оценки прочности мостового полотна по данным испытаний по вариантам заданий приведены в табл. 3, 4.

Пример оценки прочности приведён в прил. 2.

Таблица 11

Значения требуемых модулей упругости

Перспективная интенсивность движения, приведённая к нагрузке 50 кН на колесо, на полосу	Требуемые модули упругости, МПа		
	Динамические, $E_{тр.д}$	При малой скорости нагружения, $E_{тр.ос}$	Статические, $E_{тр.с}$
10	145	127	120
20	168	148	137
30	184	163	146
50	199	177	156
100	222	195	173
200	245	216	183
300	260	230	199
500	276	243	210
1000	299	263	227
2000	322	283	243
3000	336	296	254
5000	354	311	265
10000	376	330	280

Таблица 12

Коэффициент, учитывающий необходимость обеспечения требуемой ровности K_s

Перспективная интенсивность движения, приведённая к нагрузке 50 кН на колесо, на полосу, авт/сут	Требуемая ровность дорожных одежд $S_{тр}$, см/км						
	90	110	130	150	165	180	≥200
10	-	-	-	-	-	-	0,62
20	-	-	-	-	-	0,71	0,67
30	-	-	-	-	0,75	0,74	0,71

50	-	-	-	-	0,76	0,75	0,72
100	1,10	1,03	0,91	0,86	0,82	0,80	0,76
200	1,15	1,09	1,01	0,94	0,91	0,88	-
300	1,18	1,15	1,03	1,01	0,97	0,94	-
500	1,23	1,20	1,17	1,15	1,08	1,04	-
≥1000	1,38	1,34	1,30	1,26	1,18	1,11	-

Таблица 13

Тип климатических и гидрологических условий

Тип условий	ДКЗ	Тип местности по увлажнению	Грунты
Тяжёлые	II	3	Пылеватые супеси и суглинки
Сложные	II	3	Непылеватые суглинки и глины
	III	2	Пылеватые супеси и суглинки
Средней сложности	III	2-3	Пылеватые супеси и суглинки
	II	2	Непылеватые суглинки и глины
	II	1	Все виды грунтов

Таблица 14

Численные значения поправки Δ

Тип покрытия	Общая толщина мостового полотна, м, для климатических и грунтово-гидрологических условий			Δ, Мпа, при требуемых модулях упругости		
	тяжёлых	сложных	Средней сложности	Е _{тр.д}	Е _{тр.ос}	Е _{тр.с}
Усовершенствованный для капитальных одежд:	Более 0,95	Более 0,75	Более 0,45	0	0	0
	0,90-0,95	0,70-0,75	0,40-0,45	15	14	12
	0,85-0,89	0,65-0,69	0,35-0,39	30	28	25
	0,80-0,84	0,60-0,64	0,30-0,34	45	42	37
Усовершенствованный для облегчённых одежд: На вязком битуме	менее 0,80	менее 0,60	менее 0,30	58	52	48
	более 0,80	более 0,70	более 0,40	0	0	0
	0,75-0,80	0,60-0,70	0,3-0,4	17	16	14
	менее 0,75	менее 0,60	менее 0,30	29	25	20
На жидком битуме	более 0,75	более 0,65	более 0,40	0	0	0
	0,7-0,75	0,55-0,65	0,30-0,40	16	14	11
	менее 0,70	менее 0,55	менее 0,30	29	25	20

Таблица 15

Величина коэффициента K_к

Тип покрытия	Интенсивность движения, приведённая к нагрузке 50 кН на колесо, авт/сут	Толщина песчаного слоя, м								
		Более 0,50		0,45			0,35			
		Общая толщина полотна над песчаным слоем, м								
		0,35	0,30	0,25	0,20	0,30	0,25	0,20	0,25	0,20
		Значение коэффициента K _к								
Усовершенствованные	50	1	1,09	1,45	1,63	1	1,22	1,40	1	1
	100	1	1	1,40	1,48	1	1,12	1,27	1	1

капитальные	300	1	1	1,23	1,30	1	1	1,12	1	1
	500	1	1	1,18	1,22	1	1	1,06	1	1
	1000	1	1	1,10	1,14	1	1	1	1	1
	3000	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	5000	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Усовершенствованные облегчённые на вязком битуме	30	1	1,20	1,68	2,10	1	1,48	1,72	1	1,18
	50	1	1,10	1,55	1,80	1	1,28	1,45	1	1,03
	100	1	1	1,45	1,60	1	1,18	1,32	1	1
	300	1	1	1,27	1,38	1	1	1,14	1	1
	500	1	1	1,07	1,22	1	1	1,02	1	1
То же на жидком битуме	30	1	1,27	1,90	2,15	1	1,47	1,60	1	1,27
	50	1	1,17	1,78	1,95	1	1,35	1,67	1	1,17
	100	1	1,09	1,64	1,75	1	1,23	1,36	1	1,09
	300	1	1	1,37	1,50	1	1,03	1,14	1	1

Примечания:

1. При толщине песчаного слоя 0,30м и менее $K_k=1$ во всех случаях.
2. При расчетной интенсивности движения более указанной в таблице следует принимать те значения K_k , что указаны в табл. 15 для наибольшей интенсивности.

Таблица 16

Величина коэффициента K_m для двухслойного асфальтобетонного покрытия с нижним слоем из крупнозернистой смеси

Интенсивность движения, приведённая к нагрузке 50 кН на колесо, авт/сут	Относительная толщина двухслойного покрытия					
	0,2		0,3		0,4	
	Марка асфальтобетона					
	I,II	III	I,II	III	I,II	III
100	1	1	1	1	1	1
200	1.04	1	1	1	1	1
300	1.06	1.06	1	1	1	1
500	1.11	1.12	1	1	1	1
700	1.16	(*)	1.07	(*)	1	(*)
1000	1.2	(*)	1.15	(*)	1	(*)
2000	(*)	(*)	1.23	(*)	1	(*)
3000	(*)	(*)	1.29	(*)	1.06	(*)
5000	(*)	(*)	(*)	(*)	1.15	(*)

Примечание.

Знак (*) обозначает, что при данной интенсивности движения соответствующая толщина слоя асфальтобетона не обеспечивает его необходимой прочности. При определении $E_{тр.р}$ по формуле (13) в расчет вводят одну из поправок: K_k или K_m , при которой величина $E_{тр.р}$ приобретает большее значение

Практическое занятие №4

Оформление технической документации соответствия физических и механических характеристик строительных материалов требованиям проекта и нормативных документов

ОЦЕНКА РОВНОСТИ ПОКРЫТИЯ МОСТОВОГО ПОЛОТНА

Состояние покрытий мостового полотна по ровности оценивается коэффициентом ровности K_p .

$$K_p = \frac{S_{\text{доп}}}{S_{\text{факт}}}, \quad (3)$$

где $S_{\text{доп}}$ - предельно допустимое значение состояния покрытий по ровности, определяемое по табл. 9;

$S_{\text{факт}}$ - фактическое значение показателя ровности покрытия; в данной курсовой работе фактическое значение ровности покрытия определяется по табл. 5 в зависимости от варианта задания.

Таблица 9

Допустимые показатели ровности покрытий

Группа дорог в соответствии с [2]	Интенсивность движения, авт/сут	Предельно допустимое состояние покрытия $S_{\text{доп}}$ по ровности		
		Показатель ровности, см/км		Число просветов под 3-метровой рейкой, превышающих указанные в СНиП 3.06.03-85, %
		По прибору ПКРС-2	По точкомеру	
А	3000	660	120	7
Б	1000 – 3000	860	170	9
В	1000	1200	265	14
-	7000	540	100	6

Примечание.

Для мостовых сооружений с интенсивностью движения более 7000 авт/сут нормативы даны в соответствии с [1].

В соответствии с [1] при коэффициенте ровности $K_p > 1$ назначаются работы по содержанию мостового сооружения при $K_p < 1$ - ремонтные работы.

Практическое занятие №5

Оформление актов приемки на скрытые работы.

ОЦЕНКА СЦЕПНЫХ КАЧЕСТВ ПОКРЫТИЯ МОСТОВОГО ПОЛОТНА

Сцепные качества покрытий оцениваются коэффициентом K_c , определяемым по формуле

$$K_c = \frac{\varphi_{\phi}}{\varphi_{\text{доп}}} ; \quad (4)$$

где φ_{ϕ} - фактический коэффициент продольного сцепления; в курсовой работе определяется по табл. 1 в зависимости от варианта задания;

$\varphi_{\text{доп}}$ - допустимое значение коэффициента сцепления по условию безопасности движения; в соответствии с [2] допустимый коэффициент сцепления $\varphi_{\text{доп}}$ равен 0,3 при измерении его прибором ПКРС-2У с шиной без рисунка протектора и 0,4 при измерении прибором ПКРС-2У с шиной, имеющей рисунок протектора.

Практическое занятие №7

Анализ отступлений от утвержденного проекта и действующих нормативных документов

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРУЗКИ МОСТОВОГО СООРУЖЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ

Фактический уровень загрузки мостового сооружения движением Z определяется как отношение фактической интенсивности N , авт/сут, приведенной к легковому автомобилю, к пропускной способности P , авт/сут, т. е.:

$$Z = \frac{N}{P} \quad (2)$$

исходные данные для определения фактического уровня загрузки мостового сооружения приведены в табл. 1. Допустимые уровни загрузки мостового сооружения приведены в табл. 8.

Таблица 8

Уровни загрузки мостового сооружения

Характеристика участков моста	Допустимый уровень загрузки моста
Подъезды к аэропортам, железнодорожным станциям, морским и речным причалам и пристаням (IA, IB, II)	0,5
Внегородские магистрали (дороги категории IA)	0,6
Въезды в города, обходы и кольцевые эстакады вокруг больших городов (дороги категорий IB, II, III)	0,65
Автомобильные дороги II и III	0,7

Практическое занятие №8

Составление дефектной ведомости на железобетонные конструкции инженерного сооружения.

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ МОСТОВОГО СООРУЖЕНИЯ

Безопасность мостового сооружения оценивается по нескольким показателям: коэффициенту происшествий (или относительной аварийности), коэффициенту безопасности K_6 и коэффициенту аварийности K_a (для участков мостовых сооружений в равнинной и холмистой местности). Для мостовых сооружений, проходящих в горной местности, безопасность оценивается по разнице коэффициентов аварийности на соседних участках с уклонами более 50%, а радиус менее 300 м. В данной курсовой работе безопасность оценивается по итоговому коэффициенту аварийности K_a . Итоговым коэффициентом аварийности называется произведение частных коэффициентов аварийности, учитывающих влияние постоянных параметров мостового сооружения (элементов плана, профиля), переменных (сезонных), а также временных (кратковременных) параметров: сцепных качеств и ровности покрытия, фактически используемой ширины проезжей части, изменяющихся в течение года под воздействием транспортных средств, сезонных и временных колебаний метеорологических условий. Исходные данные для определения итогового коэффициента аварийности приведены в табл. 1. допустимые значения итоговых коэффициентов аварийности приведены в табл. 7.

Таблица 7

Параметры	Степень опасности участков мостовых сооружений			
	Не опасный	Малоопасный	Опасный	Очень опасный
K_a для участков равнинной и холмистой местности	0 – 10	10 – 20	20 – 40	40
Разница в коэффициентах K_a соседних участков (для горной местности), %	20	20 – 40	40 – 100	100

На участках мостовых сооружений в равнинной и холмистой местности с $K_a > 20$, а также на участках мостовых сооружений в горной местности с разницей K_a между соседними участками более 40% необходимо выполнение работ по повышению безопасности движения. При ремонте и реконструкции такие участки подлежат перестройке в первую очередь. При значениях $K_a < 20$ выполняются работы по содержанию мостового сооружения.

Практическое занятие №9

Выявление дефектов в конструкциях инженерного сооружения

ВИЗУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МОСТОВОГО ПОЛОТНА

Визуальная оценка состояния мостового сооружения позволяет получить предварительную информацию о прочности мостового сооружения и выявить участки для проведения детальной инструментальной оценки в соответствии с методикой [3] учитываются дефекты мостового полотна, связанные, с недостаточной прочностью (несущей способностью) мостового полотна: трещины (отдельные, редкие и частые), сетка трещин, колейность, просадки, проломы.

Состояние мостового полотна в зависимости от вида и количества дефектов оценивается в баллах в соответствии с табл. 10. В случае наличия на участке мостового сооружения нескольких видов дефектов балл назначается по дефекту, дающему наиболее низкое его значение. На мостовом сооружении, или на его участке вычисляют средний балл по формуле

$$B_{cp} = \frac{\sum_{j=1}^n B_j L_j}{\sum_{j=1}^n L_j} = \frac{B_1 \cdot L_1 + B_2 \cdot L_2 + \dots + B_n \cdot L_n}{L_1 + L_2 + \dots + L_n}, \quad (5)$$

где B_j - балл на частном участке j ;

L_j - протяженность частного участка.

По величине среднего балла определяется целесообразность инструментальной оценки прочности на мостовом сооружении, или на его участке:

для дорог I категории при $B_{cp} \leq 3,5$;

для дорог II категории при $B_{cp} \leq 3,0$;

для дорог III-IV категорий при $B_{cp} \leq 2,5$.

Исходные данные по вариантам заданий для визуальной оценки мостового полотна приведены в табл. 2.

Таблица 10

№ пп.	Состояние покрытия и характер повреждения	Оценка в баллах
1.	Без дефектов и отдельные трещины на расстоянии более 40м Отдельные трещины на расстоянии 20-40 м между трещинами То же на расстоянии 10-20м	5 4,8-5 4,5-4,8
2.	Редкие трещины на расстоянии между соседними трещинами 8-10м То же 6-8м То же 4-6 м	4-4,5 3,8-4 3,5-3,8
3.	Частые трещины на расстоянии между соседними трещинами 3-4м То же 2-3 м То же 1-2 м	3-3,5 2,8-3 2,5-2,8
4.	Сетка трещин при относительной площади, занимаемой сеткой, менее 30 % То же 30-60% То же 60-90%	2-2,5 1,8-2 1,5-1,8
5.	Колейность при средней глубине колеи 5 мм То же 5-10 мм То же >10 мм	1,8-2 1,5-1,8 1-1,5
6.	Просадки при относительной площади просадок 20% То же 20-50% То же >50%	1-1,5 0,8-1 0,5-0,8
7.	Проломы дорожной одежды при относительной площади, занимаемой проломами, 10% То же 10-30% То же >30%	1-1,5 0,8-1 0,5-0,8

Практическое занятие № 10

Осмотр металлических конструкций городского инженерного сооружения

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Прочность (несущая способность) эксплуатируемых мостовых покрытий оценивается коэффициентом прочности $K_{пр}$. Мостовое полотно оценивается по трем критериям прочности:

упругому прогибу под нагрузкой всей конструкции мостового полотна, включая грунтовое основание:

$$K_{пр} = \frac{E_{\phi}^{общ}}{E_{тр.г}} \quad (6)$$

где E_{ϕ} - фактический общий модуль упругости всей конструкции;
 $E_{тр.г}$ - требуемый расчетный модуль упругости всей конструкции;

по прочности на сдвиг в грунте земляного полотна и в малосвязных слоях основания:

$$K_{\text{пр}} = \frac{T_{\text{доп}}}{T}, \quad (7)$$

где $T_{\text{доп}}$ - допускаемое напряжение сдвига в грунте или в малосвязных слоях основания, обусловленное сцеплением;

T - активное напряжение сдвига в грунте или малосвязных слоях основания от автомобильной нагрузки и собственного веса мостового полотна;

по прочности на растяжение при изгибе в слоях из монолитных материалов:

$$K_{\text{пр}} = \frac{R_{\text{pu}}}{\sigma_r} \quad (8)$$

где R_{pu} - предельно допустимое растягивающее напряжение материала слоя с учетом усталостных явлений,

σ_r - растягивающее напряжение от автомобильной нагрузки в рассматриваемом слое.

Инструментальная оценка по второму и третьему критериям представляет собой сложную задачу, поэтому эксплуатационная оценка прочности мостового полотна производится по первому критерию прочности (упругому прогибу) с введением поправочных коэффициентов, учитывающих условия прочности по двум другим критериям.

Инструментальная оценка прочности мостового полотна по упругому прогибу заключается в измерении упругого прогиба всей конструкции под нагрузкой и определении фактического общего модуля упругости на основе данных измерений.

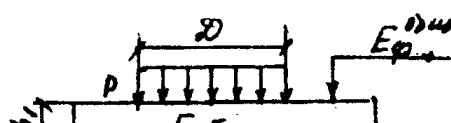


Рис. 1. Расчетная схема испытаний нежесткой дорожной одежды

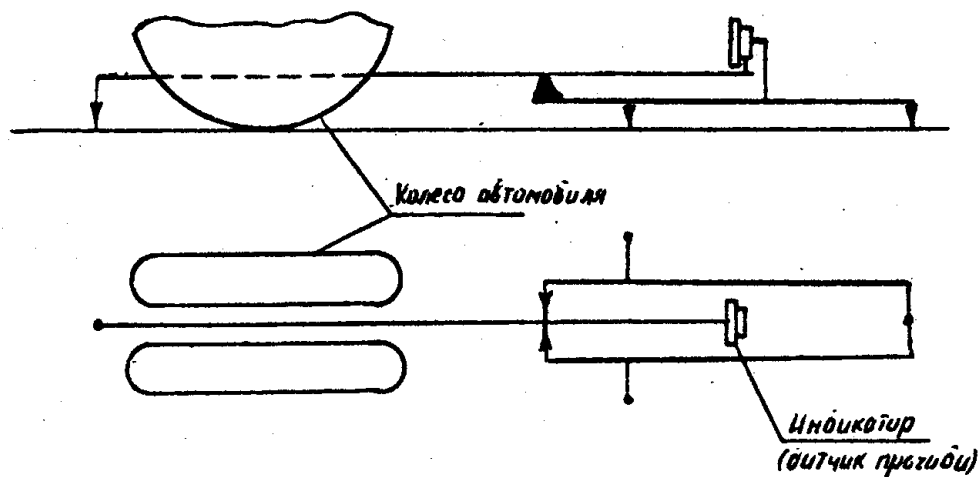


Рис. 3. Принципиальная схема статического нагружения дорожных одежд колесом автомобиля

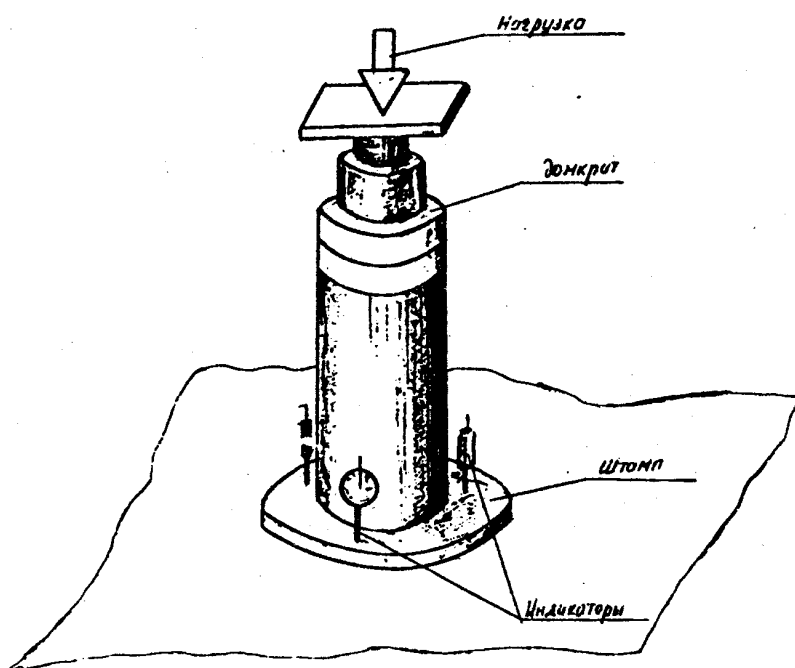


Рис. 2. Принципиальная схема нагружения дорожных одежд жестким штампом

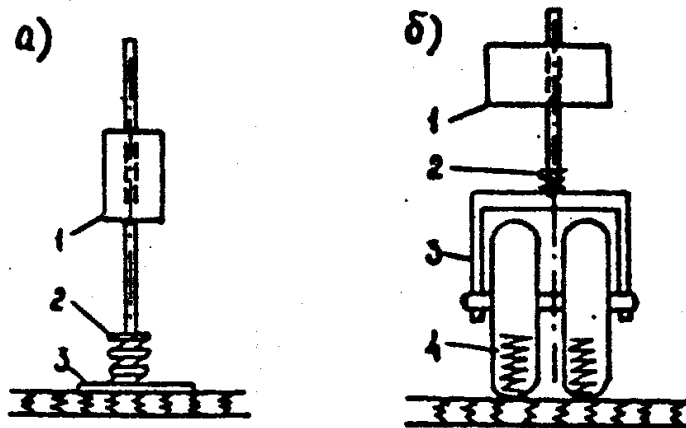


Рис. 4. Принципиальная схема установок динамического нагружения: а - установка с жестким штампом; б - установка с гибким штампом; 1 - подвижный груз; 2 - амортизатор; 3 - круглый жесткий штамп; 4 - гибкий штамп

Расчетная схема испытаний приведена на рис. 1.

Прочностные испытания мостового полотна производятся двумя методами:

1. измерением упругого прогиба при статическом нагружении мостового полотна;
2. измерением упругого прогиба при динамическом нагружении мостового полотна.

Испытания мостового полотна при статическом нагружении производятся либо с использованием жесткого штампа, через который на мостовое полотно передается нагрузка (рис. 2), либо нагружением мостового полотна колесом грузового автомобиля, с измерением деформаций под нагрузкой (при наезде колеса автомобиля на испытываемую точку) и без нагрузки (после съезда автомобиля с этой точки) (рис. 3).

Статические испытания с использованием жесткого штампа дают возможность создать довольно большую нагрузку, а также передавать нагрузку на мостовое полотно ступенями, что позволяет определить разрушающую нагрузку для данной конструкции. Однако эти испытания трудоемки, поэтому чаще используется менее трудоемкий метод нагружения мостового полотна колесом грузового автомобиля, близкого к автомобилю группы А;

нормированная статическая нагрузка, передаваемая колесом автомобиля на мостовое полотно, -50 кН;

расчетный диаметр следа автомобиля $D=0,33\text{ м}$.

Однако при этом методе прогиб нельзя измерить непосредственно под колесом, а также нельзя передавать нагрузку ступенями. При испытаниях мостового полотна методом динамического нагружения используются установки с падающим грузом (установки динамического нагружения); генераторы колебаний (различные вибраторы); также, применяется нагружение мостового полотна колесом движущегося автомобиля.

В практике Российской Федерации, в основном, применяются установки динамического нагружения с жестким штампом (типа ДИНА) и с гибким штампом (например, УДН - НК). Принципиальная схема установок динамического нагружения приведена на рис. 4. Установки динамического нагружения используются только на мостовых полотнах, т. к. не дают возможности измерять чашу прогиба. Испытания мостового полотна колесом движущегося автомобиля проводятся редко, т. к. измерения прогиба при этом способе очень сложны и автомобиль должен, двигаться со скоростью 2-5 км/час, что не соответствует распространенным скоростям движения на перегоне.

Практическое занятие №11

Указание основных дефектов конструкции на общем виде инженерного сооружения.

Надзор включает: постоянный надзор, текущие, периодические и специальные осмотры(обследования) и, при необходимости, испытание сооружения. Все эти работы проводят согласно «Инструкции по проведению осмотров мостов и труб» (ВСН 4-90), или других документов, ее заменяющих.

Перечень основных работ по содержанию сооружений представлен в «Классификации работ по содержанию мостовых сооружений».

Эта классификация базируется на делении мостового сооружения на четыре его основные части (мостовое полотно, пролетное строение, опоры и подмостовое пространство, включая регуляционные сооружения), каждая из которых, также подразделяется на отдельные элементы увязанные с существующим «Банком данных по мостовым сооружениям» («МОНСТР»).

Работы по уходу за сооружениями отнесены к группе, так называемых, нормативных (обязательных) работ, т.е. работ, которые выполняют на всех сооружениях постоянно в течение года (сезона). Работы нормативного (обязательного) содержания направлены, прежде всего, на поддержание сооружения в чистоте, обеспечение безопасности движения и являются обязательными независимо от типа и состояния сооружения и выполняются регулярно в соответствии с установленной периодичностью.

Нормативные (обязательные) работы оплачиваются по соответствующим установленным нормативам. Определенный уровень требований позволяет в любое время оценить качество выполнения нормативных работ по содержанию мостовых сооружений.

Периодичность работ по уходу за мостовыми сооружениями определяется действительными условиями эксплуатации и состоянием элементов конструкций и может колебаться от ежедневных работ до еженедельных и реже. Средние значения периодичности этих работ учитываются при определении денежных нормативов.

Работы выходящие за рамки нормативного (обязательного) содержания, и выполняемые при возникновении необходимости в них являются дополнительными (сверхнормативными) работами по содержанию мостового сооружения. Условно, эти работы делятся на профилактические работы и работы ППР.

Работы, отнесенные к профилактике, выполняются в течение всего срока службы сооружения с периодичностью 1-5 лет.

Планово-предупредительный ремонт (ППР), в зависимости от степени износа элементов осуществляют с периодичностью 5-10 лет.

В среднем, удельные денежные затраты на работы по содержанию для соответствующих уровней видов работ составляют:

при уходе - 1,2-1,5%;

при профилактике - 5-12%;

при ППР - 25-45%.

При этом наименьшие значения затрат на уход, профилактику и ППР относятся к молодым сооружениям (срок эксплуатации не превышает 10 лет), общий износ которых составляет не более 10%. Наибольшие затраты на профилактику и ППР приходятся на сооружения, эксплуатируемые более 25 лет, и имеющие общий износ 25% и более.

При необходимости, по отдельным сооружениям в составе «нормативных» работ, по согласованию с заказчиком, может быть отнесена часть работ по профилактике, на которые должны быть установлены соответствующие нормативы денежных затрат.

Ремонт -восстановление первоначальных транспортно-эксплуатационных качеств сооружения, восстановление несущих конструкций (на основе изысканий и проектно-сметной документации) (15-30 лет).

Реконструкция - улучшение первоначальных транспортно-эксплуатационных качеств сооружения (на основе изысканий и проектно-сметной документации) (при необходимости).

Перестройка- строительство нового сооружения взамен старого (при необходимости).

Таблица - Назначение и состав работ по содержанию мостов

Вид работ	Назначение	Состав работ	Периодичность
1	2	3	4
Надзор:	Оценка состояний сооружения		
1. Технический учет	Необходим для определения состояния и степени износа каждого сооружения	Ведение технической документации, в состав которой входят: книга искусственного сооружения, карточка моста, акты обследований, а также проектная и исполнительная документация	Регулярно, незамедлительно после каждого осмотра или ремонта
2. Осмотр и диагностика	Выявление состояния сооружения, изучение его работы, планирование ремонтов.	Визуальные, инструментальные осмотры, исследования прочностных и деформативных качеств конструкций и материалов	По нормативам
Уход	Поддержание сооружений в надлежащем состоянии	Оперативное устранение небольших повреждений, влияющих на безопасность движения. Очистка всех элементов конструкций и подходов от снега, грязи, мусора и т.д. Работы по организации пропуска ледохода, паводковых вод.	Постоянно в течение года.
Профилактика	Предупреждение появления повреждений и дефектов	Профилактика бетонных поверхностей (герметизация трещин, гидрофобизация, окраска). Профилактика металлических и сталежелезобетонных пролетных строений (подтяжка болтов, нейтрализация трещин в балках, локальная подкраска металлических поверхностей). Устройство сливов на подферменных площадках. Заливка мастикой деформационных, швов и др. профилактические работы на проезжей части. Профилактика фасадов.	1-5 лет
Планово-предупредительный ремонт (ППР)	Предупреждение повреждения несущих конструкций (устранение появившегося износа элементов) по ведомости дефектов	Ремонт отдельных элементов мостового полотна (покрытия, тротуаров, ограждений и деформационных швов). Восстановление поверхности опор, пролетных строений, ремонт узлов сопряжения мостов с насыпью и регуляционных сооружений. Ремонт смотровых устройств. Локальный ремонт гидроизоляции. Сплошная окраска пролетных строений.	5-10 лет
Ремонт	Восстановление первоначальных транспортно-эксплуатационных качеств сооружения, восстановление несущих конструкций (на основе проектно-сметной документации)	Ремонт и восстановление несущих конструкций, усиление и замена элементов, перекладка переходных плит, ремонт (замена) гидроизоляции по всей площади моста.	10-15 лет
Реконструкция	Улучшение первоначальных транспортно-эксплуатационных качеств сооружения (на основе изысканий и проектно-сметной документации)	Усиление элементов, уширение, изменение статической схемы увеличения подмостового габарита	При необходимости

Проведены исследования по сравнению различных схем содержания. Сопоставлялись варианты:

- содержание без ухода за сооружением (до предельного износа с последующей заменой моста);
- в процессе содержания проводятся только ремонтные работы (мост эксплуатируется без ухода до предела работоспособности элементов и сооружения в целом);
- проводится только планово-предупредительный ремонт;
- проводится только уход или только профилактика;
- организован постоянный уход с периодическим выполнением ремонта;
- в процессе содержания выполняются все необходимые работы по содержанию;
- проводятся работы по содержанию с периодическим ремонтом или НПР.

Сопоставление вариантов проводилось по удельным показателям затрат (годовых), полученных как сумма всех затрат за период содержания до полной замены, деленная на предельный срок службы. Сопоставление удельных затрат показало, что наиболее экономичными схемами эксплуатации являются схемы, предусматривающие выполнение работ по содержанию (уход, профилактика) или по содержанию с планово-предупредительными эпизодическими работами. Отсутствие ухода и профилактики требует более капитальных вложений на реновацию или более частых работ по ремонту (планово-предупредительный ремонт и ремонт). Проведение всех работ по содержанию моста с момента постройки приводит к увеличению долговечности (срока службы) на 10 - 40 лет. В частности постоянный уход увеличивает предельные сроки эксплуатации с 30 до 40 лет, а уход с профилактикой до 70 лет. При этом затраты на содержание минимальные. В то же время отсутствие ухода заставляет вкладывать большие средства в восстановительные работы при значительно меньшем выигрыше в сроке службы.

Практическое занятие № 12

Составление дефектной ведомости на деревянные конструкции инженерного сооружения.

Техническому учету подлежат все искусственные сооружения на автомобильной, железной дороге. Работы по техническому учету ведутся мастером. По договорам к техническому учету могут привлекаться специализированные организации. В документы технического учета ежегодно вносят, изменения по состоянию на 1 января.

Таблица -Состав документации по техническому учету

Документация .	Область применения	Содержание
1	2	3
Карточка на Мост (путепровод)	На все сооружения	Общие сведения: - о мосте - о пролетных строениях
Паспорт моста	Мосты на федеральных дорогах	- об опорах - о регулиционных сооружениях - о подходах - об охране
Ведомость наличия и технического состояния мостов и путепроводов	-«-	- местоположение сооружения; - сроки и виды ремонтных работ, выполненных на сооружении; - техническая характеристика сооружения; - оценка состояния сооружения
Отдельная книга моста	Для мостов длиной более 100 м железобетонных и сталежелезобетонных	Местоположение моста; данные о грузоподъемности; длительные ограничения движения; происшествия на мосту; осмотры и ремонты: - мостового полотна - пролетных строений - опор - регулиционных сооружений наблюдения за дефектами моста (по элементам); ремонт элементов; профили промеров русла и планы их расположения; замечания и распоряжения по содержанию и ремонту.
Общая книга	Для малых и средних мостов	На каждый мост выделяется несколько страниц и заполняются они аналогично разделам отдельной книги моста.
Дискета для автоматизированной работы на компьютере	На все сооружения	Общие сведения о сооружениях (банк данных) и программы по работе с банком данных

Документы оформляются в 2-х экземплярах, а карточки в 5 экземплярах. Заполнение документации производится мостовым мастером. Первый экземпляр документации вместе с 4-мя экземплярами карточек на мосты пересылаются в дорожное управление.

Книги должны ежегодно просматриваться руководителем дорожного подразделения с отметкой о просмотре.

Практическое занятие №13

Составление дефектной ведомости на конструкции инженерного сооружения

Техническому учету подлежат все искусственные сооружения на автомобильной, железной дороге. Работы по техническому учету ведутся мастером. По договорам к техническому учету могут привлекаться специализированные организации. В документы технического учета ежегодно вносят, изменения по состоянию на 1 января.

Таблица -Состав документации по техническому учету

Документация .	Область применения	Содержание
1	2	3
Карточка на Мост (путепровод)	На все сооружения	Общие сведения: - о мосте - о пролетных строениях
Паспорт моста	Мосты на федеральных дорогах	- об опорах - о регулиционных сооружениях - о подходах - об охране
Ведомость наличия и технического состояния мостов и путепроводов	-«-	- местоположение сооружения; - сроки и виды ремонтных работ, выполненных на сооружении; - техническая характеристика сооружения; - оценка состояния сооружения
Отдельная книга моста	Для мостов длиной более 100 м железобетонных и сталежелезобетонных	Местоположение моста; данные о грузоподъемности; длительные ограничения движения; происшествия на мосту; осмотры и ремонты: - мостового полотна - пролетных строений - опор - регулиционных сооружений наблюдения за дефектами моста (по элементам); ремонт элементов; профили промеров русла и планы их расположения; замечания и распоряжения по содержанию и ремонту.
Общая книга	Для малых и средних мостов	На каждый мост выделяется несколько страниц и заполняются они аналогично разделам отдельной книги моста.

Дискета для автоматизированной работы на компьютере	На все сооружения	Общие сведения о сооружениях (банк данных) и программы по работе с банком данных
---	-------------------	--

Документы оформляются в 2-х экземплярах, а карточки в 5 экземплярах. Заполнение документации производится мостовым мастером. Первый экземпляр документации вместе с 4-мя экземплярами карточек на мосты пересылаются в дорожное управление.

Книги должны ежегодно просматриваться руководителем дорожного подразделения с отметкой о просмотре.

Практическое занятие №14

Подбор состава работ планово-предупредительного ремонта городского инженерного сооружения

«Изготовление железобетонных пролетных строений на мостовом заводе. Установка на место»

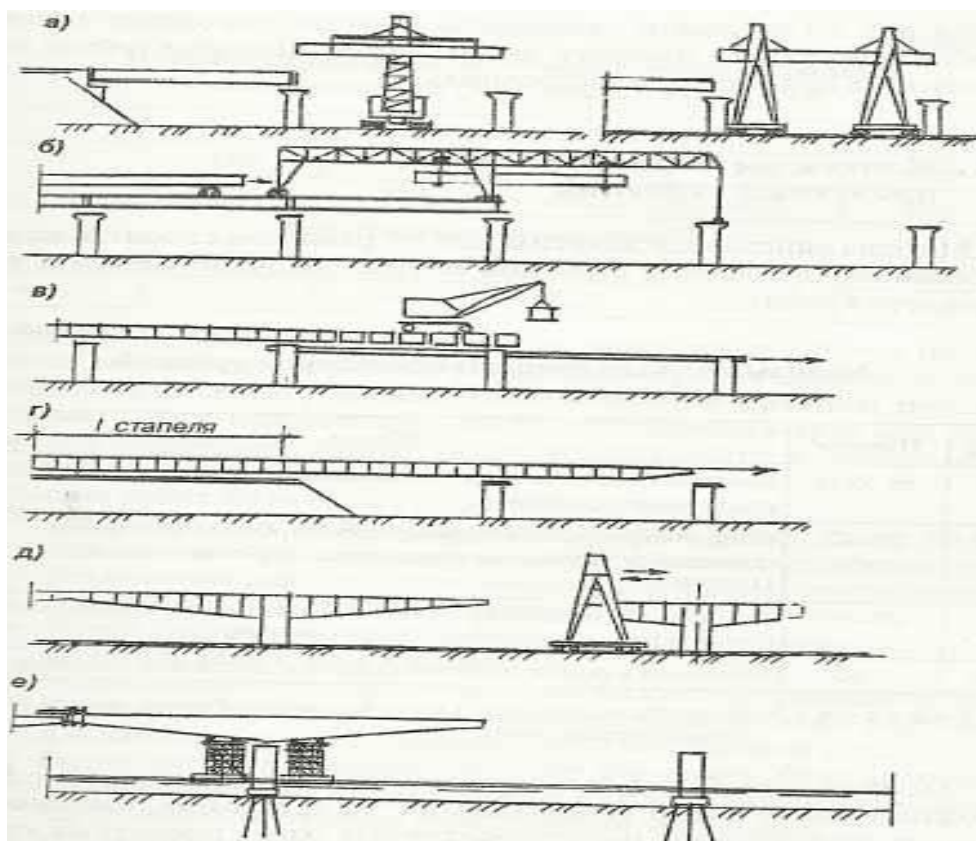


Рис. 1.1 – Технологии монтажа пролетных строений из сборного железобетона: а – монтаж балок с земли; б – монтаж балок сосмонтированного пролетного строения; в – монтаж неразрезных балок на перемещающихся подмостях;

г – продольная надвижка неразрезного пролетного строения;
д – навесной монтаж; е – наплавной монтаж пролетного строения секциями («птичками»)

Технологии монтажа пролетных строений из сборного железобетона

- Монтаж железобетонных балок пролетных строений
- Монтаж неразрезных пролетных строений ПРК на перемещающихся подмостях
- Продольная надвижка неразрезных пролетных строений из сборного железобетона
- Навесной монтаж железобетонных пролетных строений мостов больших пролетов рамной и балочно–неразрезной системы
- Краны для навесного монтажа железобетонных пролетных строений коробчатого сечения

Особенности навесной сборки железобетонных балочных пролетных строений неразрезной системы

Наплавной монтаж секций железобетонных пролетных строений

Особенности сооружения арочных мостов и мостов комбинированной системы из сборного железобетона

Технологии монтажа мостовых сборных конструкций были основательно освоены за 1950–1980 годы, что инициировала государственная политика, направленная на развитие сборного железобетона.

На (рис. 1.1) показаны **технологии монтажа городских мостовых сооружений из сборного железобетона**, которые сейчас используют в практике мостостроения.

Практическое занятие №15

Подбор состава работ планово-предупредительного ремонта инженерного сооружения.

Состав работ по монтажу железобетонных балок:

- доставленные на стройплощадку балки разгружают, тщательно осматривают (при наличии дефектов представляют рекламации заводу–изготовителю) и временно закрепляют на складе (во избежание падения и поломки);
- балки подготавливают к монтажу (обустраивают

- строповочными приспособлениями);
- подготавливают опоры к монтажу балок: обстраивают подмостями с перильным ограждением; подвешивают лестницы, заготавливают элементы крепления балок и т. п.;
 - балки подают к монтажному крану (например, балковозом);
 - устанавливают на опоры, выверяют положение и временно закрепляют, например, деревянными подкосами;
 - окончательно закрепляют балки (например, сваркой выпусков арматуры плиты).

Строповка балки осуществляется стропами или траверсой (рис. 1.2).

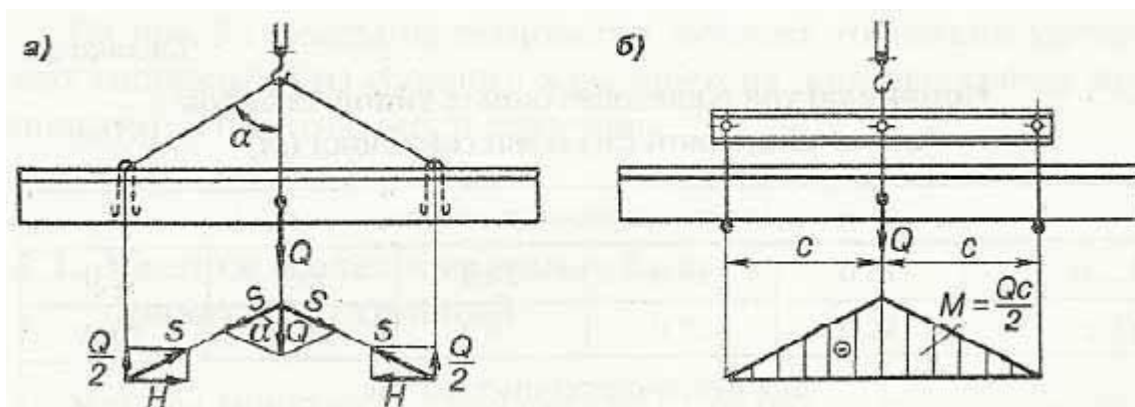


Рис. 1.2 – Строповка балок и усилия в строповочных элементах: а – пристроповке тросом; б – траверсой

Канат стропа подбирают по разрывному усилию S_p . Сначала методом вырезания узлов определяют величину усилия в стропе S . Затем определяют разрывное усилие по формуле

$$S_p = SK, \text{ тс,}$$

где K – коэффициент запаса, для стропов равен 6–8.

При известном типе троса по величине S_p определяют диаметр стропа в соответствии с таблицей, приведенной в ГОСТе на тросы. Например, усилию $S_p = 69,8$ тс соответствует диаметр троса 39,8 мм.

Из (рис. 1.2, а) видно, что усилие S в стропе тем больше, чем меньше угол наклона стропа к горизонту. Поэтому этот угол не должен быть меньше 45° . При меньшем угле наклона на плиту балки передается большее сжимающее усилие.

Для применения стропов нужна большая высота подъема крюка и значительная длина стрелы крана. Траверсы в виде металлических балок не требуют этого. Сжатие на железобетонную балку не передается, но в самой траверсе возникает изгибающий момент (рис. 1.2, б). К тому же она снижает грузоподъемность

крана на величину собственного веса и увеличивает расход металла. Поэтому для применения траверсы нужно обоснование

Практическое занятие №16

Составление технологической схемы производства работ по торкретированию бетонных конструкций

- Сущность метода классификации

Мосты на сети железных дорог, как указывалось, разнообразны и отличаются по годам постройки и нормам расчета. В связи с этим, а также в силу того, что подвижные нагрузки от поездов весьма разнообразны, при обращении их по мостам неизбежно приходится решать задачу о возможности и условиях их пропуска. В практике эксплуатации моста нередко возникает необходимость решения задачи и о пропуске вводимых в обращение или перспективных более тяжелых нагрузок. Раньше такого рода задачи каждый разрешали прямым перерасчетом пролетных строений и опор. Грузоподъемность является одной из основных характеристик, определяющих режим эксплуатации мостов

Под режимом эксплуатации понимают величину и характер подвижной нагрузки, скорость движения и частоту обращения, а также условия торможения на мосту. Правилами технической эксплуатации железных дорог России предусматривается классификация мостов по грузоподъемности. Классификацию металлических мостов и установление режима их эксплуатации производят на основании указаний Руководства по определению грузоподъемности металлических пролетных строений железнодорожных мостов 1965 г. Классификации подлежат все металлические пролетные строения, кроме рассчитанных под нагрузки норм 1931 г., поскольку их классы известны при проектировании. Практически классифицировать приходится металлические пролетные строения, построенные по нормам до 1907 г. включительно, а также облегченные конструкции, запроектированные по более поздним нормам. Грузоподъемность железобетонных мостов ввиду отсутствия официальных указаний оценивают прямым расчетом по действующим нормам проектирования новых железобетонных мостов. В расчетах принимают прочностные характеристики бетона пролетных строений, определяемые, как правило, неразрушающими методами. Руководство 1965 г. имеет в виду методику расчета по допускаемым напряжениям в связи с тем, что до сих пор не накоплены необходимые данные для перехода на методику расчета по предельным состояниям.

В соответствии с требованиями «Правил технической эксплуатации железных дорог РФ» все мосты железнодорожной сети классифицируются по грузоподъемности с целью определения условий пропуска различных

поездных нагрузок и решения вопросов об усилении, ремонте или реконструкции их.

В настоящее время разработана и широко применяется единая методика расчета грузоподъемности металлических пролетных строений, основанная на принципе классификации грузоподъемности по методу предельных состояний.

Практическая реализация расчетов грузоподъемности на основании руководства не встречает трудностей. В то же время из-за ограничений по объему в ней отражен ряд вопросов, относящихся к оценке грузоподъемности пролетных строений со сплошными главными балками. К ним следует отнести следующие: учет степени коррозии элементов главных балок, расчеты усиления главных балок по видам проверки их грузоподъемности, расчеты грузоподъемности после усиления, оценка усталостного ресурса.

Целью настоящего пособия является пояснение статических приемов и решений по различным формам расчета грузоподъемности и усиления пролетных строений со сплошными главными балками.

В пособии, где это необходимо, изложены исходные предпосылки расчетов, принятые при этом допущения, показана связь расчетных формул с работой конструкций пролетных строений по видам напряженного состояния. В пособие включены необходимые справочные материалы, а также конструктивные решения, позволяющие решать конкретные задачи.

Для автоматизации расчетов грузоподъемности и усиления пролетных строений со сплошными главными балками разработаны пакеты прикладных программ для использования на персональных компьютерах, возможность применения которых рассматривается в настоящем пособии.

Наконец, в пособии приведена методика экономической оценки эффективности усиления пролетных строений, разработанная НИИ мостов.

Учитывая сложившуюся практику представления расчетов грузоподъемности в системах СГС или СИ в равной степени их применения, алгоритмы и параметры расчетов реализуются в указанных системах непосредственно без введения переводных коэффициентов. Буквенные обозначения и пояснения к ним даны в тексте пособия.

Грузоподъемность является одним из самых важных эксплуатационных показателей элементов пролетных строений. Учитывая, что пролетное строение состоит из различных конструктивных элементов, его грузоподъемность в целом определяется несущей способностью наиболее слабого элемента.

Грузоподъемность металлических пролетных строений железнодорожных мостов определяется методом классификации по предельным состояниям первой группы: на прочность, устойчивость формы и выносливость.

Расчет грузоподъемности включает в себя: классификацию по грузоподъемности пролетных строений, подвижного состава по

воздействию на пролетное строение, определение условий эксплуатации мостов.

В соответствии с требованиями все мосты классифицируют по грузоподъемности с целью выработки эффективных и безопасных режимов их эксплуатации, решения вопросов об усилении, ремонте или замене сооружений. Для эксплуатирующихся мостов характерно большое разнообразие конструкций пролетных строений, которые отличаются не только материалами, но и техническими нормами, по которым в разные годы проектировали и строили железнодорожные мосты. За прошедшие годы эксплуатации произошли значительные изменения, связанные с увеличением веса поездов, скорости их движения, грузонапряженности линий, техническим состоянием конструктивных элементов и пролетных строений в целом. Происходящие изменения в условиях эксплуатации мостов обуславливают необходимость расчета их по грузоподъемности, оценки возможности и условий безопасного пропуска по ним поездных нагрузок, существенно отличающихся от тех, которые в свое время учитывались при проектировании.

При определении грузоподъемности пролетных строений и условий их эксплуатации необходимо учитывать:

- 1 Конструкцию пролетных строений и отдельных их элементов.
- 2 Вид и механические характеристики материала, из которого изготовлены пролетные строения.
- 3 Физическое состояние пролетных строений, определяемое наличием в них повреждений и конструктивных дефектов.
- 4 Качество заводского изготовления и монтажа пролетных строений, а также усиления или их ремонта.
- 5 Поведение пролетных строений под нагрузкой.
- 6 Расположение моста (на перегоне или в пределах станции, на прямой или в кривой), профиль и план подходов.
- 7 Результаты испытаний пролетных строений, если они проводились.

В этой связи для расчета грузоподъемности необходимо изучить техническую документацию о пролетном строении, прошедшем этапы проектирования, изготовления и сооружения, а также эксплуатации. К ней относятся архивные данные и чертежи, «Карточка» моста, «Книга среднего или большого моста», материалы обследований, а также испытаний, если они проводились.

Грузоподъемность каждого элемента пролетного строения рассчитывается с учетом геометрических характеристик поперечных сечений и механических характеристик металла. При этом определяется максимальная интенсивность временной вертикальной равномерно распределенной нагрузки – допускаемой временной нагрузки, которая не вызывает наступления предельного состояния при нормальной эксплуатации моста. Расчет

грузоподъемности методом классификации состоит в том, что временную вертикальную нагрузку, которую могут безопасно выдерживать элементы пролетного строения при нормальной эксплуатации, выражают в единицах эталонной нагрузки. В качестве эталонной принята нагрузка по схеме Н1 1931 года. Число единиц эталонной нагрузки, которое может безопасно выдержать элемент, называется его классом грузоподъемности. Наименьший из классов элементов называется классом пролетного строения.

Класс элемента пролетного строения определяется по формуле:

$$K = \frac{k}{k_H(1 + \mu)},$$

где k – допускаемая временная равномерно распределенная нагрузка для данного элемента;

k_H – эталонная, эквивалентная нагрузка от единичного поезда 1931 г., принимаемая по таблицам при тех же λ и α , что и нагрузка k ;

$1 + \mu$ – динамический коэффициент нагрузки НК (для паровой тяги);

$$1 + \mu = 1 + \frac{27}{30 + \lambda}$$

λ – длина загрузки линии влияния.

-Исходные данные

- общий вид пролетного строения дан на рис. 1.3;
- балка запроектирована по нормам 1907 года и изготовлена в 1908 году из литого железа ($[\sigma] = 1700 \text{ кг/см}^2$);
- постоянная нагрузка $P = 1,9 \text{ т/м}$ (собственный вес балки);
- соединения заклепочные;
- поперечное сечение балки дано на рис. 1.4;
- расчетная схема балки и нагрузки показаны на рис. 1.5.

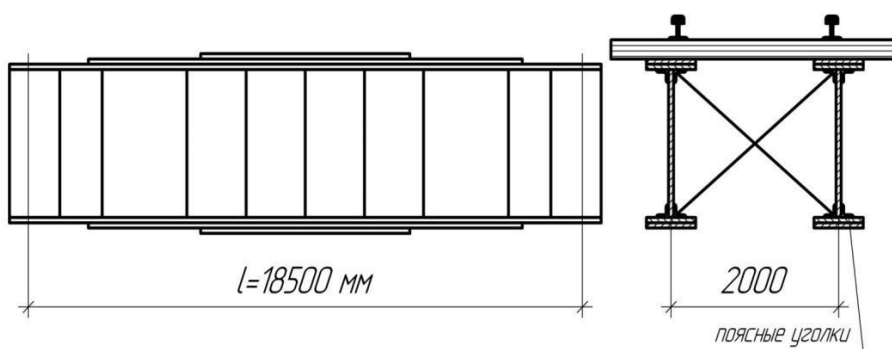


Рис. 1.3. Слева балка со сплошной стенкой, с клепаным сечением в середине 3 листа, 2 листа, на конце 1 лист. Справа сечение пролетного строения

Практическое занятие №17

Составление технологической схемы производства работ по ремонту поврежденных инженерного сооружения

Исходные данные: Металлическое пролетное строение моста построено в 1901 году. Схема представлена на рисунке 1. Пролет фермы $l_{\text{п}} = 55,06$ м;

Число тоннелей – 12, высота фермы

$h = 7,45$ м;

Материал – литое железо; Постоянная нагрузка $P = 3,6$ тс/м; Временная нагрузка $g = 8,0$ тс/м;

Класс раскоса $B_{\text{в}} - H_{\text{ч}}$ по выносливости; Число заклепок – 8;

$K_{\text{вын}} = 5,4$.

Усталость материала – это процесс постепенного накопления в материале повреждений, приводящих к разрушению.

Выносливость – способность материала противостоять усталости. Наиболее часто разрушения отмечались в растянутых раскосах ферм.

Первые усталостные разрушения были зафиксированы в клепаных мостах в 1941 г. Сначала это были повреждения в мостах из сварного и литого железа постройки конца XIX начала XX, а в 60-х годах и в Ст.3. Все усталостные трещины возникают у кромок заклепочных отверстий первого...поперечного рядов, считая от середины раскоса.

Весьма эффективным способом повышения выносливости клепаного элемента является частичная замена наиболее напряженных заклепок (крайних рядов) высокопрочными болтами. Такое соединение называется смешанным. В результате такой замены концентрация напряжений около заклепочных отверстий значительно снижается, и замедляется процесс накопления усталостных напряжений. Исследования показали, что достаточно заменить заклепки высокопрочными болтами в двух, трех крайних рядах для повышения класса элемента по выносливости на 20-50%.

Класс раскоса по выносливости определяется:

где $k_{\text{н}}$ – эталонная эквивалентная нагрузка для схемы по нормам 1931 г.

$$1 + \frac{27}{30 + x} = 1 + \frac{27}{30 + 55,06} = 1,32. \lambda = 55,06$$

где $[y]$ – допускаемая нагрузка – $1,6$ тс/см²; 2 – число ферм;

A – площадь поперечного сечения; P – постоянная нагрузка;

$\Omega_{\text{в}}$ – площадь линии влияния, соответствующей нагружению постоянной нагрузкой;

$\Omega_{\text{к}}$ – площадь линии влияния, соответствующей нагружению поездом;

γ – коэффициент понижения прочности материала раскоса из-за усталости.

Коэффициент γ для раскрытия этой формулы находится по формуле:

$$\gamma = \frac{1}{(\alpha\beta \pm \delta) - (\alpha\beta \pm \delta)\rho} \leq 1,0, \text{ для нашего варианта.}$$

где б и д – коэффициенты, зависящие от марки металла, б =0,52; д =+0,25(для литого железа по справочнику);

в–эффективный коэффициент концентрации напряжений,

в=1,8(Таблица 1 СНиП, приложение 17);

с –коэффициент асимметрии цикла;

$$\rho = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}};$$

у_{min} – минимальное напряжение.

Строим линию влияния усилия ВВ-НН (рисунок 1.7) и определяем необходимые характеристики для вычисления k_в по выносливости для сечения раскоса по первому ряду высокопрочных болтов, поставленных вместо заклепок. Вычисляем значение г по растяжению и данные сводим в таблицу 1.3.

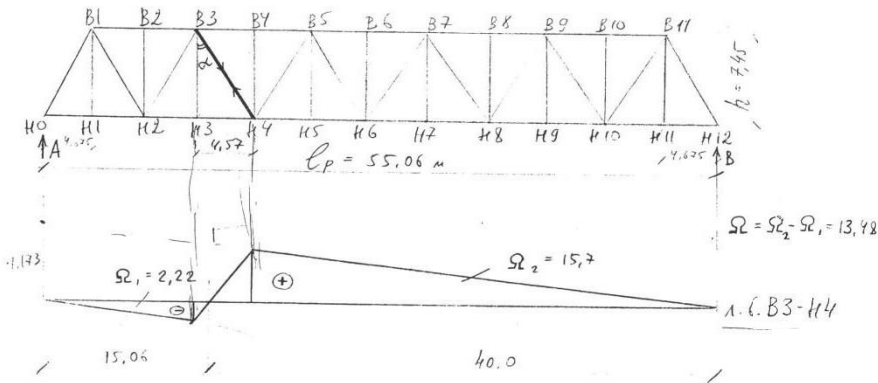


Таблица 1.3 - Все расчеты выполняем в табличной форме

P, тс/м	g, тс/м	Ω_D	Ω_K	ρ	β	γ	λ_m	α	$k_{вып}$	k_H	$1+\mu$	$k_{вып}$							
тс/м	тс/м																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3,6	8,0	13,48	-2,22	48,52	-17,76	104	0,233	-0,0853	0,148	2,948	0,0502	1,8	0,87	40,0	0,1	15,35	1,602	1,313	7,25

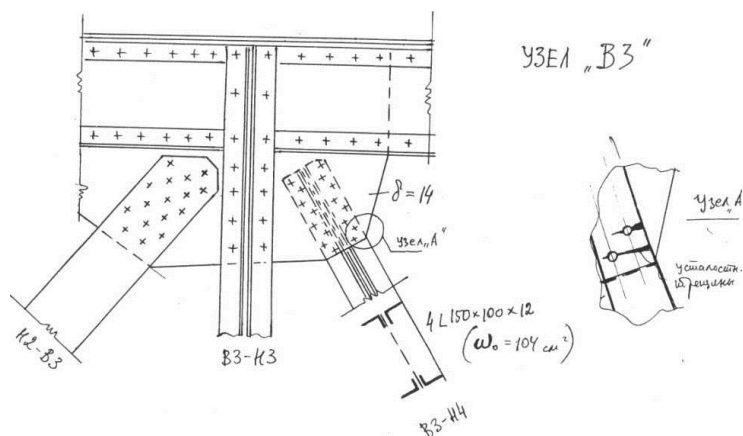
$\frac{P\Omega_p}{2A}$ - напряжение от постоянной нагрузки;

$\frac{g\Omega_k}{2A}$ - напряжение от временной нагрузки;

A – сечение 4 уголков (берется по таблице, площадь); Сумма напряжений (8+9) будет y_{min} (10);

$a/40$; a – примерно 4 м.

Вывод: Заменой 2-х рядов заклепок высокопрочными болтами, показывает, что класс раскоса увеличивается с 5,4 до 7,25 – это составляет 30%.



Практическое занятие №18

Выбор способа ремонта в соответствии с дефектами конструкций

- Общее конструктивное решение

При переустройстве старых мостов может возникнуть необходимость применения пролетных строений с пониженной строительной высотой.

Металлические балочные пролетные строения со сплошными стенками и ездой понизу отвечают такому требованию (для сравнения: пролетное строение длиной 27 м при езде поверху имеет строительную высоту 233 см, а при езде понизу – всего 84 см). По такому мосту поезд проходит не над главными балками (поз. 1 на рис.1), а между ними. Проезжая часть располагается в уровне нижних поясов главных балок.

При езде понизу наименьшее расстояние между главными балками определяется габаритом в свету между верхними гранями перил – не менее 4,9 м и в связи с этим принимается равным 5,6 м. Возникает необходимость устройства балочной клетки из продольных и поперечных балок (поз. 2 и 3 на рис.1). Путь передачи нагрузки на основную несущую конструкцию довольно большой. Нагрузка от подвижного состава передается на поперечины, опирающиеся на продольные балки, продольные балки передают нагрузку на поперечные, а поперечные – на главные. Связи между главными балками удастся установить только в плоскости нижних поясов. В таких условиях затруднено обеспечение пространственной неизменяемости и жесткости конструкции. Для создания жестких полурам в вертикальной плоскости в местах прикрепления поперечных балок к главным в пределах, допускаемых габаритом, устанавливаются специальные листы (поз. 4 на рис.1.8).

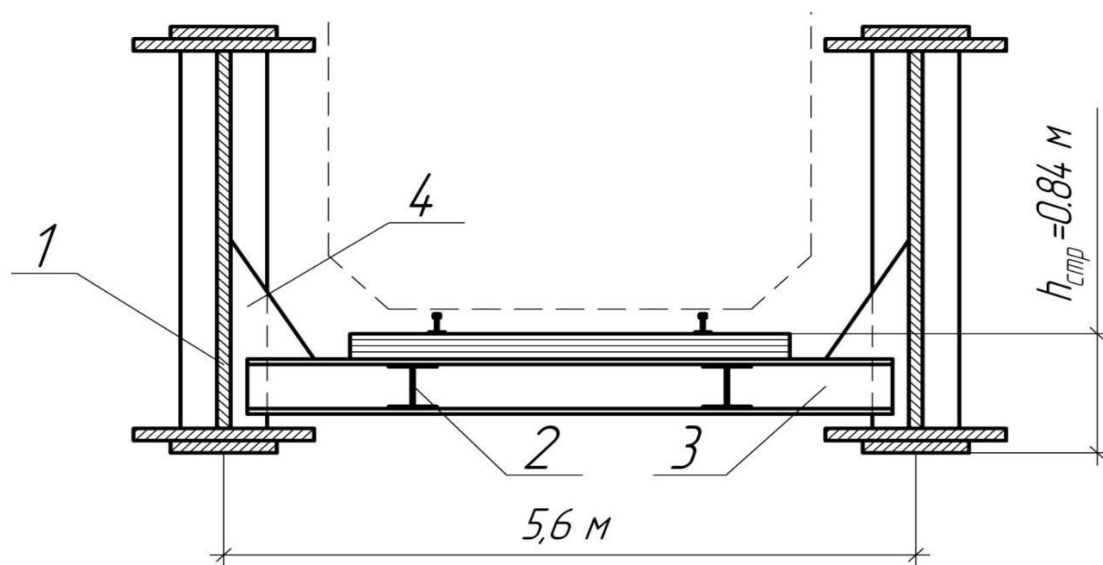


Рис. 1.8 Схема поперечного сечения пролетного строения со сплошными стенками при езде понизу: 1 – лавная балка; 2 – продольная балка; 3 – оперечная балка; 4 – лист жесткости.

-Компоновка несущих конструкций

Расстояние между поперечными балками принято 2,2 м. Размеры вертикальных листов продольных и поперечных балок назначены так, чтобы с учетом толщины поясов высота этих балок была одинаковой. Поперечная балка скомпонована из вертикального листа 390x16 мм и поясов 300x400 мм, продольная дана с листом 438x16 мм и поясами 300x16 мм. Высота балок проезжей части (продольных из стали М16С и поперечных из стали 15ХСН) определена из условия прочности на срез при толщине листа 16 мм.

Вертикальный лист продольной балки прикреплен к поперечной балке уголками 200x200x12 мм. Верхние пояса продольных балок перекрыты накладкой («рыбкой»). Установка «рыбок» повышает вибрационную прочность соединения. Нижние пояса продольных балок перекрыты фасонкой продольных связей. Поперечные балки прикреплены к стенкам главных балок парными уголками 125x125x12 мм – одним на заводе, а вторым – к главной балке высокопрочными болтами на монтаже. К поперечным балкам приварены треугольные фасонные листы, при помощи которых созданы жесткие узлы.

Уголки

прикрепления поставлены на всю высоту стенки главной балки для обеспечения местной устойчивости стенки и повышения жесткости верхнего пояса. Этой же цели служит уголок с наружной стороны стенки. Помимо вертикальных уголков, установленных в местах прикрепления поперечных балок, для обеспечения устойчивости стенки главной балки дополнительно установлены ребра жесткости сечением 180x12 мм, привариваемые к стенке с двух сторон. Продольными связями в виде раскосных решеток из уголков 90x90x9 мм главные балки связаны с продольными балками.

По заданию кафедры расчету подлежат лишь главные балки пролетного строения, а элементы проезжей части запроектированы применительно к типовой конструкции Гипротрансмоста. Конструкция проезжей части показана на рис.1.9

Практическое занятие №19

Разработка рекомендации по анализу и оценке наиболее характерных дефектов и повреждений

Для установления их физического состояния и проверка соответствия установленным требованиям. В задачи обследования входят также анализ условий работы сооружения, выявление возможных причин появления имеющихся неисправностей и их влияние на грузоподъемность. Обследование производят перед испытанием сооружения, перед вводом его в эксплуатацию или периодически во время эксплуатации.

Объем обследования зависит от состояния пролетных строений и опор моста, а также от наличия полноты и достоверности имеющейся проектной и исполнительной документации. Обследования производятся в соответствии с требованиями Инструкции по диагностике мостовых сооружений на автомобильных дорогах, утвержденной Федеральным дорожным департаментом.

По результатам обследования должен быть составлен отчет по форме и содержанию, указанных в Требованиях к техническому отчету по обследованию и испытаниям мостового сооружения на автодороге [20], утвержденных Федеральной автомобильно-дорожной службой Росавтодора РФ.

При обследовании мостов необходимо применять систему обозначения и счета элементов, принятую в Инструкции по диагностике мостовых сооружений.

При сборе имеющейся документации следует, по возможности, получить исполнительные или проектные чертежи пролетного строения и опор, а также установить следующие данные:

- год изготовления пролетного строения и год постройки моста;
- расчетную нагрузку, принятую при проектировании;
- технические условия проектирования;
- род и качество материалов пролетного строения и опор.

Обследование пролетного строения включает:

- проверку или составление чертежей пролетного строения;
- выявление и зарисовку всех неисправностей конструкции, их характера, размеров, расположения и оценку физического состояния сооружения в целом;
- определение фактической прочности бетона в конструкции.

При наличии опалубочных чертежей проверяются основные размеры пролетного строения и опор. При отсутствии чертежей пролетного строения должны быть сняты все необходимые размеры для составления опалубочного чертежа. Арматурные чертежи проверяются по замерам в местах коррозии или отсутствия защитного слоя бетона.

При проверке или составлении чертежей пролетного строения измерения производятся со следующей точностью:

по длине – до 0,1 см; поперечного сечения – до 0,5 см;

диаметров стержней арматуры – до 0,1 мм.

При отсутствии или недостаточной достоверности чертежей пролетного строения устанавливается соответствие его одному из типовых проектов или проектов повторного применения.

При обследовании железобетонных мостов должны выявляться все неисправности, и в первую очередь, снижающие грузоподъемность или долговечность пролетного строения:

Все неисправности и другие данные обследования, характеризующие физическое состояние пролетного строения и опор, в том числе трещины, фиксируются и наносятся на опалубочные чертежи или специальные схемы.

Коррозия арматуры может возникать в местах разрушения защитного слоя из-за недостаточной его толщины или вследствие проникновения влаги через трещины. Коррозия арматуры может быть обнаружена визуально в местах обнажения стержней, а также по ржавчине, выступающей на поверхности бетона. Отслоение защитного слоя может быть установлено путем его простукивания, а также по появившимся в нем трещинам вдоль арматурных стержней. Коррозированная арматура подлежит замеру в местах ее обнажения и в местах разрушения защитного слоя – отслоения или пучения бетона. Для замера диаметра стержня должен быть предварительно очищен от ржавчины. Замер диаметра стержня может быть выполнен при помощи штангенциркуля или другого инструмента. На чертежах (схемах) должны быть отмечены стержни, пораженные коррозией, и указаны их фактические диаметры и расположение.

Практическое занятие №20

Составление технологической схемы производства работ по ремонту повреждений инженерного сооружения

Потеря сцепления с бетоном рабочей арматуры может возникнуть в местах отслоения защитного слоя. К потерявшим сцепление относятся арматурные стержни, не имеющие сцепления с бетоном по всему периметру или на большей части периметра стержня. На схемах должно быть указано количество и положение стержней, потерявших сцепление с бетоном.

Сколы бетона, раковины и участки с нарушенной структурой бетона (ноздреватый бетон, бетон со следами выщелачивания, бетон с усадочными трещинами) обнаруживаются при осмотре или путем простукивания. Расположение этих дефектов с указанием их размеров приводится на чертежах (схемах).

На чертежах (схемах) указываются все трещины, обнаруженные на открытых поверхностях бетона. Замеры производятся в местах наибольшей ширины трещин, с записью результатов замеров на схеме. Замеры трещин должны

производиться в основном бетоне; на оштукатуренных поверхностях слой штукатурки в местах замеров должен быть снят.

Фактическая прочность бетона определяется при обследовании пролетных строений с помощью склерометра. Для плитных пролетных строений места испытания бетона следует выбирать в середине пролета и вблизи опорных сечений, в верхней зоне плиты и в местах сопряжения с тротуарными консолями. Прочность бетона определяется с обеих сторон пролетного строения. Для ребристых пролетных строений участки испытания бетона намечают в середине пролета на нижней поверхности плиты и на ребрах в верхней их части. Кроме того, испытанию должны подвергаться участки бетона с нарушенной структурой (выщелачиванием, усадочными трещинами и др.).

В металлических мостах основными неисправностями и повреждениями являются: расстройство заклепочных и болтовых соединений; усталостные трещины, коррозия и механические повреждения. Расстройство заклепочных соединений является наиболее распространенной и прогрессирующей неисправностью металлических мостов.

Главная причина расстройства заклепок – механический износ соединений, который зависит, главным образом, от величины взаимных суммарных перемещений (сдвигов) соединяемых элементов по поверхностям их контактов. С возрастанием концентрации напряжений у заклепочных отверстий увеличивается скорость появления усталостных трещин.

Расстройство заклепочного соединения происходит неравномерно. Сначала ослабляются заклепки крайних наиболее напряженных рядов. Заклепочные соединения с односрезными заклепками при прочих равных условиях разрушаются быстрее, чем двухсрезные. Слабые заклепки обнаруживают остукиванием их молотком массой 0,2 кг. Обнаруженные слабые заклепки следует заменить высокопрочными болтами.

Металлические пролетные строения мостов, длительное время находящиеся в эксплуатации, обычно имеют коррозионные повреждения, которые уменьшают площадь сечения элементов и снижают их грузоподъемность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основные источники:

1. Инженерные сооружения в транспортном строительстве : учебник для студ. высш. учеб. заведений / П. М. Саламахин [и др.]. – 2-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2020. – 272с.

2. Шабалина, Л.А. Искусственные сооружения : учеб.пособ. / Л.А. Шабалина. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2022. – 264с.

Нормативная литература:

1. ГОСТ 22690-88. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля.

2. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.

3. ГОСТ 27751-88. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету.

4. ГОСТ 28570-90. Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобраным из конструкции.

5. Инструкция по диагностике мостовых сооружений на автомобильных дорогах, утв. Федеральным дорожным департаментом 24.02.96 г., ГП «РосдорНИИ»: - М.: 2024 г.

6. Инструкция по защите от коррозии металлических конструкций эксплуатируемых на автомобильных дорогах РСФСР мостов, ограждений и дорожных знаков. Минавтодор РСФСР. М.: ЦБНТИ, 2023.

7. Инструкция по проведению осмотров мостов и труб на автомобильных дорогах, утв. Минавтодором РСФСР 31.03.81 с изменением № 1, утв. 2024

8. Инструкция по ремонту, содержанию и эксплуатации паромных переправ и наплавных мостов ВСН 50-87. Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 2015.

Методические рекомендации по оценке надежности и долговечности перегонных тоннелей метрополитенов, сооружаемых закрытым способом. -М.: ВНИИТС, 2013.

9. Методические рекомендации по оценке обводненности тоннельных выработок и определению химического состава и степени агрессивного воздействия подземных вод на конструкции тоннелей БАМ. - М.: ВНИИТС, 2013.

10. Методические рекомендации по содержанию мостовых сооружений на автомобильных дорогах. Росавтодор. М., 2015

11. ОДН 218.0.017-2003. Руководство по оценке транспортно-эксплуатационного состояния мостовых конструкций. Росавтодор Минтранса России, М., 2013

12. Рекомендации по ремонту и уходу за деформационными швами в малых и средних мостах. НПО РосдорНИИ, 2016

13. Рекомендации по ремонту поверхностей бетонных и железобетонных элементов мостов с использованием средств механизации. Минавтодор РСФСР. М.: ЦБНТИ, 2015

14. Рекомендации по содержанию и ремонту металлических пролетных строений автодорожных мостов. ГипродорНИИ, 2015

15. Руководство по защите металлоконструкций от коррозии и ремонту лакокрасочных покрытий металлических пролетных строений эксплуатируемых автодорожных мостов. ОДМ, Минтранс России, Росавтодор, М., 2013

16. Руководство по ремонту элементов мостового полотна автодорожных мостов. НПО РосдорНИИ. М., 2014

17. Руководство по структуре и организации службы эксплуатации искусственных сооружений на автомобильных дорогах, утв. ФДД 2010 г.

18. Руководство по техническому диагностированию автодорожных тоннелей. – М. 2013.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1

**Коэффициент приведения к расчётному модулю упругости K_{pi} , грунт
земляного полотна – супесь лёгкая**

Темпера- тура асфаль- тобетона, °C	Толщина слоя асфаль- тобетона, м	Относительная влажность грунта				
		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	0,08	0,84	0,88	0,91	0,94	0,94
	0,12	0,81	0,85	0,90	0,90	0,91
	0,16	0,80	0,83	0,86	0,88	0,89
	0,20	0,79	0,82	0,84	0,87	0,88
10	От 0,08 До 0,20	0,93	0,97	1,0	1,03	1,04
20	0,08	1,04	1,10	1,13	1,17	1,18
	0,12	1,09	1,15	1,18	1,22	1,23
	0,16	1,13	1,19	1,22	1,26	1,27
	0,20	1,17	1,22	1,25	1,29	1,30
30	0,08	1,13	1,19	1,23	1,28	1,29
	0,12	1,24	1,31	1,35	1,39	1,41
	0,16	1,33	1,39	1,43	1,48	1,49
	0,20	1,41	1,47	1,51	1,55	1,56
40	0,08	1,18	1,27	1,30	1,34	1,36
	0,12	1,32	1,43	1,46	1,51	1,52
	0,16	1,48	1,56	1,59	1,63	1,65
	0,20	1,60	1,68	1,70	1,75	1,76
50	0,08	1,20	1,28	1,33	1,37	1,39
	0,12	1,38	1,45	1,51	1,55	1,57
	0,16	1,53	1,60	1,65	1,70	1,72
	0,20	1,66	1,73	1,78	1,82	1,84

Таблица 2

**Коэффициент приведения к расчётному модулю упругости K_{pi} , грунт
земляного полотна – песок пылеватый**

Темпера- тура асфаль- тобетона, °C	Толщина слоя асфаль- тобетона, м	Относительная влажность грунта				
		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	0,08	0,84	0,87	0,90	0,94	0,99
	0,12	0,82	0,84	0,87	0,90	0,95
	0,16	0,80	0,83	0,85	0,88	0,92
	0,20	0,79	0,81	0,84	0,87	0,90
10	От 0,08 До 0,20	0,93	0,96	0,99	1,03	1,08

20	0,08	1,03	1,06	1,11	1,15	1,22
	0,12	1,08	1,11	1,15	1,20	1,26
	0,16	1,12	1,15	1,18	1,23	1,29
	0,20	1,15	1,17	1,21	1,25	1,30
30	0,08	1,15	1,19	1,23	1,29	1,37
	0,12	1,26	1,30	1,35	1,40	1,48
	0,16	1,35	1,39	1,43	1,49	1,56
	0,20	1,42	1,46	1,50	1,55	1,62
40	0,08	1,22	1,27	1,32	1,39	1,47
	0,12	1,40	1,45	1,50	1,56	1,65
	0,16	1,55	1,60	1,65	1,71	1,79
	0,20	1,68	1,72	1,77	1,84	1,91
50	0,08	1,28	1,32	1,38	1,44	1,53
	0,12	1,50	1,55	1,61	1,68	1,77
	0,16	1,69	1,77	1,80	1,87	1,96
	0,20	1,86	1,91	1,96	2,04	2,12

Таблица 3

**Коэффициент приведения к расчётному модулю упругости K_{pi} , грунт
земляного полотна – суглинок лёгкий, тяжёлый и глина**

Темпера- тура асфаль- тобетона, $^{\circ}\text{C}$	Толщина слоя асфаль- тобетона, м	Относительная влажность грунта				
		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	0,08	0,69	0,75	0,86	0,94	0,98
	0,12	0,68	0,74	0,84	0,91	0,95
	0,16	0,68	0,73	0,83	0,89	0,92
	0,20	0,68	0,73	0,82	0,82	0,91
10	От 0,08 До 0,20	0,77	0,84	0,95	1,03	1,07
20	0,08	0,84	0,93	1,07	1,17	1,22
	0,12	0,90	0,98	1,11	1,20	1,25
	0,16	0,94	1,02	1,14	1,23	1,28
	0,20	0,97	1,05	1,17	1,25	1,30
30	0,08	0,94	1,04	1,20	1,31	1,38
	0,12	1,04	1,15	1,30	1,41	1,48
	0,16	0,13	1,23	1,38	1,49	1,55
	0,20	0,21	1,30	1,45	1,55	1,61
40	0,08	1,00	1,11	1,29	1,41	1,49
	0,12	1,16	1,28	1,46	1,59	1,66
	0,16	1,30	1,42	1,59	1,72	1,79
	0,20	1,43	1,54	1,71	1,83	1,90
50	0,08	1,04	1,16	1,35	1,47	1,55
	0,12	1,24	1,37	1,56	1,69	1,77
	0,16	1,42	1,55	1,74	1,87	1,96
	0,20	1,58	1,70	1,90	2,03	2,11

Таблица 4

**Коэффициент приведения к расчётному модулю упругости K_{pi} , грунт
земляного полотна – песок пылеватый**

Темпера- тура асфаль- тобетона, °С	Толщина слоя асфаль- тобетона, м	Относительная влажность грунта				
		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	0,08	0,67	0,74	0,82	0,90	0,94
	0,12	0,67	0,73	0,80	0,87	0,91
	0,16	0,66	0,72	0,79	0,85	0,89
	0,20	0,66	0,72	0,78	0,84	0,88
10	От 0,08 До 0,20	0,76	0,83	0,91	0,98	1,03
20	0,08	0,82	0,91	1,02	1,11	1,18
	0,12	0,88	0,96	1,06	1,15	1,21
	0,16	0,92	1,00	1,09	1,18	1,23
	0,20	0,95	1,03	1,12	1,20	1,25
30	0,08	0,91	1,01	1,13	1,25	1,31
	0,12	1,02	1,13	1,25	1,35	1,42
	0,16	1,11	1,214	1,32	1,42	1,50
	0,20	1,19	1,28	1,39	1,49	1,56
40	0,08	0,98	1,08	1,22	1,34	1,42
	0,12	1,14	1,25	1,39	1,52	1,59
	0,16	1,27	1,39	1,53	1,65	1,72
	0,20	1,40	1,51	1,64	1,76	1,83
50	0,08	1,02	1,13	1,27	1,41	1,49
	0,12	1,22	1,34	1,49	1,63	1,70
	0,16	1,40	1,52	1,67	1,67	1,88
	0,20	1,55	1,67	1,82	1,95	2,04

Таблица 5

Число измерений

n-1	Коэффициент нормированного отклонения t при K_n						
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98
1	1,000	1,376	1,963	3,08	6,31	12,71	31,8
2	0,816	1,061	1,336	1,886	2,92	4,30	6,96
3	765	0,978	1,250	1,638	2,35	3,18	4,54
4	741	941	1,190	1,533	2,13	2,77	3,75
5	727	920	1,156	1,476	2,02	2,57	3,36
6	718	906	1,134	1,440	1,943	2,45	3,14
7	711	896	1,119	1,415	1,895	2,36	3,00
8	706	889	1,108	1,397	1,860	2,31	2,90
9	703	883	1,100	1,383	1,833	2,26	2,82
10	700	879	1,093	1,372	1,812	2,23	2,76
11	697	876	1,088	1,363	1,796	2,20	2,72
12	695	873	1,083	1,356	1,782	2,18	2,68
13	694	870	1,079	1,350	1,771	2,16	2,65

14	692	868	1,076	1,345	1,761	2,14	2,62
15	691	866	1,074	1,341	1,753	2,13	2,60
16	690	865	1,071	1,37	1,746	2,12	2,58
17	689	863	1,069	1,333	1,740	2,11	2,57
18	688	862	1,067	1,330	1,734	2,10	2,55
19	688	861	1,066	1,328	1,729	2,09	2,54
20	687	860	1,064	1,325	1,725	2,09	2,53
21	686	859	1,063	1,323	1,721	2,08	2,52
22	686	858	1,061	1,321	1,717	2,07	2,51
23	685	858	1,060	1,319	1,714	2,07	2,50
24	685	857	1,059	1,318	1,711	2,06	2,49
25	684	856	1,058	1,316	1,708	2,06	2,48
26	684	856	1,058	1,315	1,706	2,06	2,48
27	684	855	1,057	1,314	1,703	2,05	2,47
28	683	855	1,056	1,313	1,701	2,05	2,47
29	683	854	1,055	1,311	1,699	2,04	2,46
30	683	854	1,055	1,310	1,697	2,04	2,46
40	681	851	1,050	1,303	1,684	2,02	2,42
60	679	878	1,046	1,296	1,671	2,00	2,39
120	677	845	1,041	1,89	1,658	1,980	2,36
∞	0,674	0,842	1,036	1,282	1,645	1,960	2,33

Таблица 6

Нормативные коэффициенты прочности и уровень надёжности

Тип одежды и покрытия	Категория дороги	$K_{пр}$	K_n
Мостовое полотно капитального типа с усовершенствованным покрытием	I, II, IIIп, Ic, III, IVп, IIc	1,0 0,94	0,95 0,90
Мостовое полотно облегченного типа с усовершенствованным покрытием	III, IV, IVп, IIc	0,90	0,85
Переходные мостовые полотна	IV, V, IIc, IIIc	0,63	0,60

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ПРИМЕР ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ МОСТОВОГО ПОЛОТНА ПО ДАННЫМ ИСПЫТАНИЙ ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Категория дороги(мостового сооружения) III. Тип покрытия – капитальный.

Интенсивность движения, – 214 ед/сут.

Дорожно-климатическая зона – II.

Тип местности по увлажнению – 2.

Грунт земляного полотна – суглинок лёгкий.

Расчётная относительная влажность грунта, определяемая в результате испытаний – 0,70.

Общая толщина мостового полотна $H=0,60$ м.

Толщина песчаного слоя – 0,30м.

Общая толщина асфальтобетонных слоёв $h_{a/6}=11$ см.

Марка асфальтобетона – II.

Температура асфальтобетона, измеренная в процессе испытаний, $t_{a/6}^0=20^0$ С.

Испытания проводились испытательной установкой УДН-НК.

Испытания проводились в 10 точках.

Измеренные в процессе испытаний прогибы в точках:

$$l_1 = 1,32 \text{ мм} = 0,00132 \text{ м};$$

$$l_2 = 1,44 \text{ мм} = 0,00144 \text{ м};$$

$$l_3 = 1,05 \text{ мм} = 0,00105 \text{ м};$$

$$l_4 = 1,53 \text{ мм} = 0,00153 \text{ м};$$

$$l_5 = 1,37 \text{ мм} = 0,00137 \text{ м};$$

$$l_6 = 1,48 \text{ мм} = 0,00148 \text{ м};$$

$$l_7 = 1,98 \text{ мм} = 0,00198 \text{ м};$$

$$l_8 = 1,16 \text{ мм} = 0,00116 \text{ м};$$

$$l_9 = 1,09 \text{ мм} = 0,00109 \text{ м};$$

$$l_{10} = 1,25 \text{ мм} = 0,00125 \text{ м}.$$

РАСЧЕТ

Вычисляем диаметр круга, равновеликого отпечатку колеса

$$D = 0,0342 \sqrt{\frac{Q}{P_{\text{ш}}}} = 0,0342 \sqrt{\frac{50}{0,6}} = 0,31 \text{ м}.$$

($Q=50$ кН, давление в шинах $P_{\text{ш}}=0,6$ МПа).

Определяем фактический общий модуль упругости мостового полотна в каждой точке $E_{\text{ф}i}^{\text{общ}}$ по формуле (9)

$$E_{\text{ф}i}^{\text{общ}} = \frac{P \cdot D}{l_i} (1 - \mu^2) = \frac{0,00127 Q \cdot D}{D^2 \cdot l_i} (1 - 0,3^2) = \frac{0,205}{l_i}.$$

$$E_{\text{ф}1}^{\text{общ}} = \frac{0,205}{0,00132} = 155 \text{ МПа};$$

$$E_{\text{ф}2}^{\text{общ}} = \frac{0,205}{0,00144} = 142 \text{ МПа};$$

$$E_{\text{ф}3}^{\text{общ}} = \frac{0,205}{0,00105} = 195 \text{ МПа};$$

$$E_{\text{ф}4}^{\text{общ}} = \frac{0,205}{0,00153} = 134 \text{ МПа};$$

$$E_{\text{ф}5}^{\text{общ}} = \frac{0,205}{0,00137} = 150 \text{ МПа};$$

$$E_{\text{ф}6}^{\text{общ}} = \frac{0,205}{0,00148} = 138 \text{ МПа};$$

$$E_{\text{ф}7}^{\text{общ}} = \frac{0,205}{0,00198} = 103 \text{ МПа};$$

$$E_{\text{ф}8}^{\text{общ}} = \frac{0,205}{0,00116} = 177 \text{ МПа};$$

$$E_{\text{ф}9}^{\text{общ}} = \frac{0,205}{0,00109} = 188 \text{ МПа};$$

$$E_{\phi 10}^{\text{общ}} = \frac{0.205}{0.00125} = 164 \text{ МПа}.$$

Определяем коэффициент, учитывающий сезонные изменения несущей способности грунта, для легкого суглинка K_{pi} по табл.: 3 прил. 1.

Для толщины асфальтобетонных слоёв, равной 11 см, при температуре асфальтобетона, равной 20°C , и при относительной влажности грунта 0,70 коэффициент K_{pi} , грунта 0,70 коэффициент K_{pi} равен 1,10.

Вычисляем расчетные фактические общие модули упругости в каждой точке $E_{\phi}^{\text{общ}}$ по формуле (10):

$$E_{\phi p1}^{\text{общ}} = 155 \cdot 1,1 = 171 \text{ МПа};$$

$$E_{\phi p2}^{\text{общ}} = 142 \cdot 1,1 = 156 \text{ МПа};$$

$$E_{\phi p3}^{\text{общ}} = 195 \cdot 1,1 = 215 \text{ МПа};$$

$$E_{\phi p4}^{\text{общ}} = 134 \cdot 1,1 = 147 \text{ МПа};$$

$$E_{\phi p5}^{\text{общ}} = 150 \cdot 1,1 = 165 \text{ МПа};$$

$$E_{\phi p6}^{\text{общ}} = 138 \cdot 1,1 = 152 \text{ МПа};$$

$$E_{\phi p7}^{\text{общ}} = 103 \cdot 1,1 = 113 \text{ МПа};$$

$$E_{\phi p8}^{\text{общ}} = 177 \cdot 1,1 = 195 \text{ МПа};$$

$$E_{\phi p9}^{\text{общ}} = 188 \cdot 1,1 = 207 \text{ МПа};$$

$$E_{\phi p10}^{\text{общ}} = 164 \cdot 1,1 = 180 \text{ МПа}.$$

Производим обработку результатов измерений:

Определяем среднее значение фактического общего модуля упругости мостового полотна на обследуемом участке $E_{\phi \text{ ср}}$

$$E_{\phi \text{ ср}}^{\text{общ}} = \frac{\sum E_{\phi pi}^{\text{общ}}}{n} = \frac{171 + 156 + 215 + 147 + 165 + 152 + 113 + 195 + 207 + 180}{10} = 170 \text{ МПа}$$

Определяем среднеквадратическое отклонение σ по формуле (12) и коэффициент вариации по формуле (13). Результаты вычислений сводим в табл. 7.

Таблица 7

Результаты измерений

Номера точек	Отклонение от среднего $E_{\phi \text{ ср}}^{\text{общ}} - E_{\phi pi}$	$(E_{\phi \text{ ср}}^{\text{общ}} - E_{\phi pi})^2$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (E_{\phi \text{ ср}}^{\text{общ}} - E_{\phi pi})^2}{n - 1}}$	Коэффициент вариации ν
1	170-171=-1	1		
2	170-156=14	196		
3	170-215=-45	2025		
4	170-147=23	529		
5	170-165=5	25		
6	170-152=18	324		
7	170-113=57	3249		
8	170-195=-25	625		
9	170-207=-37	1369		
10	170-180=-10	100		

$$\sum_{i=1}^{10} (E_{\phi \text{ ср}} - E_{\phi pi})^2 = 8443.$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{8443}{10-1}} = 30,6 \text{ МПа.}$$

$$v = \frac{30,6}{170} = 0,18.$$

Определяем расчетное значение фактического модуля упругости по формуле (14)

$$E_{\text{рфр}} = E_{\text{ф ср}}^{\text{общ}} (1 - tv),$$

Коэффициент нормированного отклонения t для заданного уровня надежности 0,90. по табл.5 прил. 1; для $n-1=9$ коэффициент $t = 1,833$ (уровень надёжности для дорог III категории с капитальным типом покрытия равен 0,90. в соответствии с табл 6. Прил. 1).

Следовательно, $E_{\text{рфр}} = 170 \cdot (1 - 1.833 \cdot 0,18) = 114 \text{ МПа}$

По табл. 11 определяем требуемый модуль упругости мостового полотна $E_{\text{тр.д}}$ для динамического нагружения. При приведенной интенсивности движения $N_{\text{пр}} = 214$ ед/сут $E_{\text{тр.д}} = 247 \text{ МПа}$ (значения $E_{\text{тр.д}}$ приняты по интерполяции).

Требуемая ровность по толчкомеру для III категории (гр. Б) мостов в соответствии с табл. 9 равна 170 см/км. В зависимости от требуемой ровности определяем коэффициент K_s по табл. 12 Для приведённой интенсивности $N_{\text{пр}} = 214$ ед/сут K равен 0,91.

Требуемый коэффициент прочности для III категории дорог равен 0,94 (табл. 6 прил. 1).

Определяем поправочные коэффициенты Δ , K_k и K_m (см. формулу (15).

В соответствии с табл. 13 для II ДКЗ и 2-го типа местности по увлажнению гидрогеологические условия данного мостового сооружения относятся к условиям средней сложности. Для условий средней сложности капитального типа покрытия при общей толщине мостового полотна $H = 0,60$ м для динамического нагружения поправка Δ к модулю упругости равна 0. (табл. 14).

В соответствии с табл. 15 при толщине песчаного слоя 0,30 м поправочный коэффициент $K_k <$ равен 1,0.

По табл. 16 при относительной толщине двухслойного покрытия,

равной $\frac{h_{a/б}}{D} = \frac{0.11}{0.31}$ для приведенной интенсивности $N_{\text{пр}} = 214$ ед/сут коэффициент

$K_m = 1,0$. Таким образом,

$$E_{\text{тр.р}} = (247 \cdot 0,94 \cdot 0,91 + 0) \cdot 1 \cdot 1 = 211 \text{ МПа.}$$

Определяем коэффициент прочности мостового полотна

$$K_{\text{пр}} = \frac{118}{211} = 0,56$$

Следовательно, требуется усиление покрытия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Печатные издания

1. Справочник дорожного мастера. Строительство, эксплуатация и ремонт автомобильных дорог : учеб.-практ. пособие [Текст] / под ред. С. Г. Цупикова. - Москва, Инфра-Инженерия, 2007.- 925 с.
2. Комков, В. А. Техническая эксплуатация зданий и сооружений : учебник для студентов средних специальных учебных заведений, обучающихся по специальности 2902 "Строительство и эксплуатация зданий и сооружений" [Текст] .- Москва, Инфра-М, 2008.- 287 с. : ил.
3. Кузин, Николай Яковлевич Управление технической эксплуатацией зданий и сооружений : учеб. пособие для студентов вузов [Текст] .- 2-е изд., перераб. и доп..- Москва, Инфра-М, 2018.- 155 с.
4. Шириков, Борис Федорович Реконструкция объектов : Организация работ. Ограничения. Риски [Текст] .- Москва, АСВ, 2010.- 114 с.
5. Реконструкция зданий и сооружений : учеб. пособие для строит. специальностей вузов [Текст] / А. Л. Шагин [и др.]; под ред. А. Л. Шагина.- Москва, Интеграл, 2014.- 352 с.: ил.
6. Олейник, Павел Павлович Основы организации и управления в строительстве : учеб. для вузов, обучающихся по прогр. бакалавриата по направлению подгот. 270800 - "Стр-во" (профиль "Пром. и гражд. стр-во") [Текст] .- Москва, АСВ, 2014.- 200 с.
7. Туренский, Никандр Георгиевич Строительство тоннелей и метрополитенов. Организация, планирование, управление. [Текст] / под ред. Н. Г. Туренского.- Москва, Транспорт, 1992.- 264 с.
8. Шестопалов, Константин Константинович Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование : [Текст] .- Москва, Мастерство, 2002.- 320 с.

Электронные издания (электронные ресурсы)

1. Транспортная инфраструктура : учебник и практикум для среднего профессионального образования / А. И. Солодкий, А. Э. Горев, Э. Д. Бондарева, Н. В. Черных. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 443 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-17861-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.urait.ru/bcode/533860> (дата обращения: 22.11.2024).
2. Гусакова, Е. А. Основы организации и управления в строительстве : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Е. А. Гусакова, А. С. Павлов. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 615 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-20821-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.urait.ru/bcode/558823>.
3. Гусакова, Е. А. Основы строительного производства : учебник для среднего профессионального образования / Е. А. Гусакова, А. С. Павлов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 210 с. —

(Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-19503-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.ura.it.ru/bcode/556551>.

4. Кривошапко, С. Н. Конструкции зданий и сооружений : учебник для среднего профессионального образования / С. Н. Кривошапко, В. В. Галишникова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 558 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-06793-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.ura.it.ru/bcode/555682>.

5. Павлов, А. С. Экономика строительства : учебник и практикум для среднего профессионального образования / А. С. Павлов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 648 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-20785-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.ura.it.ru/bcode/558778>.

6. Лещинский, А. В. Организация технологических процессов на объекте капитального строительства: комплексная механизация : учебное пособие для среднего профессионального образования / А. В. Лещинский, Г. М. Вербицкий, Е. А. Шишкин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 231 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10288-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.ura.it.ru/bcode/542038>.

7. Юдина, А. Ф. Строительные конструкции. Монтаж : учебник для среднего профессионального образования / А. Ф. Юдина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 302 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-07027-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.ura.it.ru/bcode/540986>.

8. Базавлук, В. А. Инженерное обустройство территорий. Дождевые водостоки : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. А. Базавлук, А. В. Базавлук, С. В. Серяков. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 131 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-08272-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.ura.it.ru/bcode/540338>.

9. Лещинский, А. В. Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование : учебное пособие для среднего профессионального образования / А. В. Лещинский. — 2-е изд., доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 270 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-15690-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.ura.it.ru/bcode/544313>.

10. Савицкий, В. В. Реконструкция автомобильных дорог : учебное пособие / В. В. Савицкий, Н. А. Лушников, В. Е. Николаевский. — Москва : Российский университет транспорта (МИИТ), 2021. — 253 с. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROОбразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/115888>.

11. Лебедев, В. М. Технология реконструкции зданий и сооружений : учебное пособие / В. М. Лебедев. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. — 200 с. — ISBN 978-5-9729-0433-4. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROОбразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/98482>.

12. Ремонт и реконструкция мостов и труб на автомобильных дорогах : учебно-методическое пособие для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство», профиль «Автомобильные дороги» / составители В. И. Братчун [и др.]. — Донецк : Цифровая типография, 2019. — 111 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROОбразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/93873>.

Дополнительные источники

1. <http://www.bridgeart.ru/>— информационно-аналитический сайт для мостовиков.

2. Справочное пособие дорожному (мостовому) мастеру по содержанию мостовых сооружений на автомобильных дорогах. Росавтодор, НПО РосдорНИИ, 2020.

3. Технологические правила применения набрызгбетона при ремонте и реконструкции инженерных сооружений. - М. Транспорт. 2020.

4. Технологические правила применения набрызгбетона при ремонте и реконструкции инженерных сооружений. – М. Транспорт. 2019.

5. Технологические решения по усилению железобетонных автодорожных мостов. Альбом N 1. М.: ЦБНТИ, 2018.

6. Технологические решения по усилению железобетонных автодорожных мостов. Альбом N 1. М.: ЦБНТИ, 2019.

7. Пособие по химическому закреплению грунтов инъекцией в промышленном и гражданском строительстве (к СНиП 3.02.01).