МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
СССР

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО - ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ СБОРНЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

Москва 1973

gost.e-ecolog.ru

УДК 625.874.08

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ СБОРНЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ. М., Союздорнии, 1973.

Работа определяет рациональную область применения сборных дорожных покрытий; устанавливает требования к материалам для плит и покрытия (бетону, арматуре, материалам для основания и для заделки швов и стыков); определяет конструкции оснований; рекомендует способы определения изгибающих моментов в плитах разных размеров, определения толщины плит и количества арматуры, а также размеров сухих шпунтовых стыков плит в поперечных швах; рекомендует три основных типа плит для сборных покрытий дорог. Представлены рекомендации по технологии изготовления и укладки, обеспечивающей высокое качество плит и покрытий.

В приложениях устанавливаются требования к готовым плитам, методы их испытаний после изготовления, обосновываются зависимости для расчета плит, приводятся результаты опытного строительства покрытий из плит двух типов и даются ожидаемые технико-экономические показатели покрытий рекомендованных конструкций.

Табл. - 3, рис. - 7, приложений 4.

Министерство транспортного строительства СССР

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ

(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ СБОРНЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

Одобрены Минтрансстроем СССР

Москва 1973

УДК 625.874.08

ПРЕДИСЛОВИЕ

В труднодоступных северных районах и в районах, не имеющих местных строительных материалов, Минтрансстрой СССР в значительных объемах осуществляет строительство сборных дорожных покрытий. Как правило, для этих покрытий применяются предварительно напряженные железобетонные плиты размером в плане 2х6 м с большим расходом арматуры (12 кг/м^2). В связи с этим Союздорнии разработал менее металлоемкие конструкции сборных плит, которые, обеспечивая ровность покрытия, могут применяться в тех же случаях, что и предварительно напряженные плиты.

В "Методических рекомендациях по проектированию и строительству сборных дорожных покрытий" излагаются результаты экспериментальных и теоретических работ Союздорнии по расчету, проектированию и испытанию сборных покрытий. В них отражен опыт треста "Тюмендорстрой" по строительству сборных дорожных покрытий в районах нефтяных месторождений Западной Сибири, опыт треста "Центродорстрой" по строительству сборных покрытий в центральных областях европейской части СССР.

Настоящие "Методические рекомендации" составили канд.техн.наук В.С.Орловский и инж.Д.М.Кузнецов.

Все замечания и пожелания просьба направлять по адресу: 143900 Балашиха-6 Московской обл., Союздорнии.

© СОЮЗДОРНИИ, 1973 г.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Целесообразность применения сборных дорожных покрытий определяется в каждом конкретном случае на основе технико-экономического сравнения, при этом учитываются;

- наличие поставщика сборных дорожных плит, наличие строительных материалов, пригодных для строительства сравниваемых по прочности видов покрытия;
- наличие и состояние путей подвоза и баз по переработке строительных материалов;
- стоимость сборных плит с учетом транспортных и складских расходов и сборного покрытия в целом, а также аналогичная стоимость материалов для сооружения других видов покрытия;
- стоимость сооружения баз по устройству сравниваемых видов покрытия;
- сроки подготовки строительных баз и сроки ввода дороги в эксплуатацию;
- наличие и стоимость оборудования для строительства сравниваемых видов покрытия.

2. В общем случае сборные дорожные покрытия целесообразно сооружать:

- на дорогах местного значения III–1У категории;
- в северных и труднодоступных районах;
- в районах, не имеющих местных строительных материалов;
- на подъездах к автомагистралям и на дорогах небольшой длины, где нерационально проводить подготовительные работы по устройству других видов покрытия;
- на временных и внутрихозяйственных дорогах и площадках.

3. При строительстве сборных покрытий плиты мож-

но получать от других хозрасчетных организаций или изготовлять самим, используя для этого оборудова - ние, обеспечивающее высокое качество плит.

Строительные организации уменьшают стоимость плит за счет применения местных строительных материалов, сокращения накладных и транспортных расхо - дов.

МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА СБОРНОГО ПОКРЫТИЯ

4. Бетон и материалы, применяемые для его приготовления, должны отвечать требованиям ГОСТ 8424-72 "Бетон дорожный". Отпускная прочность изделий в момент их отгрузки с предприятия-изготовителя должна быть не ниже проектной марки бетона.

5. Для армирования изделий используется арматур - ная сталь следующих видов и классов:

а) горячекатаная арматурная сталь периодического профиля класса А-II по ГОСТ 5781-61*, как рабочая ненапрягаемая арматура.

По согласованию с заказчиком допускается замена рабочей арматуры горячекатаной арматурной сталью периодического профиля класса А-III арматурой класса А-I по ГОСТ 5781-61*;

б) горячекатаная арматурная сталь периодического профиля класса А-IУ по ГОСТ 5781-61*, как рабочая напрягаемая арматура;

в) горячекатаная гладкая арматурная сталь класса А-I по ГОСТ 5781-61* марок ВМ ст.3 сп, ВК ст.3 сп по ГОСТ 380-71 для монтажных и стыковых скоб;

г) сварная арматура, удовлетворяющая требованиям ГОСТ 10922-64.

6. Для устройства основания и подстилающих слоев

применяются те же материалы, что и для устройства других видов дорожного покрытия (СНиП II-Д.5-72 и СН 25-64).

7. Нижнюю часть швов в сборном покрытии заполняют сухой цементопесчаной смесью с 15-20% цемента марки "400" или цементным раствором состава 1:2 - 1:2,5 с добавлением 0,3% от веса цемента пластифицирующей добавки ССБ.

Верхнюю часть швов заполняют или цементным раствором того же состава, или мастикой, применяемой для заполнения швов монолитных бетонных покрытий.

КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ СБОРНЫХ ДОРОЖНЫХ ПЛИТ

8. На основе анализа различных плит, предложенных разными организациями в последние годы, а также на основе опыта строительных организаций Главдорстроя и результатов исследований Союздорнии предлагается несколько вариантов равнопрочных сборных дорожных плит под нормативную нагрузку на колесо 5тс, отличающихся друг от друга размерами и металлоемкостью:

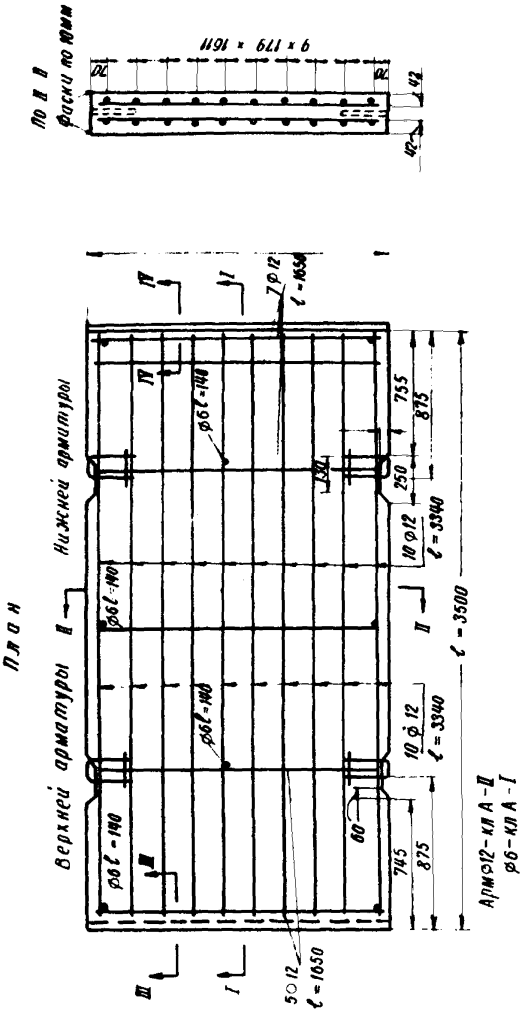
а) предварительно напряженная дорожная плита размером 2х6х0,14 м типа ПДГ 2-6с или ПАГ-Х1У рекомендуется в особо тяжелых грунтово-климатических условиях: при переувлажненных основаниях и образованиях под швами так называемых "выплесков", с устройством на торцевой грани плит не двух, а трех стыковых скоб.

При обмазке концов стыковых скоб разжиженным битумом покрытие из таких плит можно устраивать без швов расширения (если скобы будут сварены при температуре выше 10°С);

б) железобетонная дорожная плита размером 1,75х3,5 м с расходом арматуры 12,3 кг/м^2 (рис.1), слабоармированная или неармированная бетонная плита размером 1,75х1,75 м с расходом арматуры 4,8 кг/м^2 (рис.2).

9. Верхняя плоскость плит свободна от монтажных петель, что позволяет применять при изготовлении плит заглаживающие и калибрующие устройства, обеспечив тем самым высокую ровность поверхности изделия. Размеры в плане, толщину плит и расход арматуры можно изменять по сравнению с указанными на рис. 1 и 2 в зависимости от ширины сооружаемого покрытия, наличного оборудования по изготовлению плит, величины нагрузки и марки бетона.

10. Для устранения в покрытии усту-



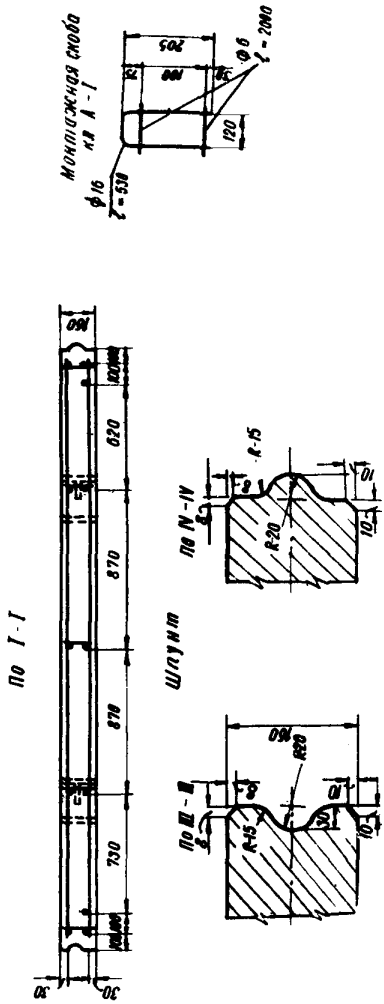


Рис. . Железобетонная дорожная плита 1,75х3,5м с расходом арматуры 12,3 кг/м^2

пов между плитами на торцевых гранях плит предусмотрено стыковое устройство в виде шпунтового соединения.

Паз и гребень этого соединения по размерам точно копируют друг друга. Это достигается совместной штамповкой листов боковой опалубки.

Расход арматуры определяют расчетом. Согласно расчету, в квадратной плите толщиной 16–18см с размером сторон до 1,5–2м при твердении бетона без термовлажностной обработки арматуру можно не применять.

11. Для улучшения внешнего вида покрытия, состоящего из плит небольшого размера, целесообразно на боковых гранях плит окна под монтажные скобы не устраивать. В этом случае

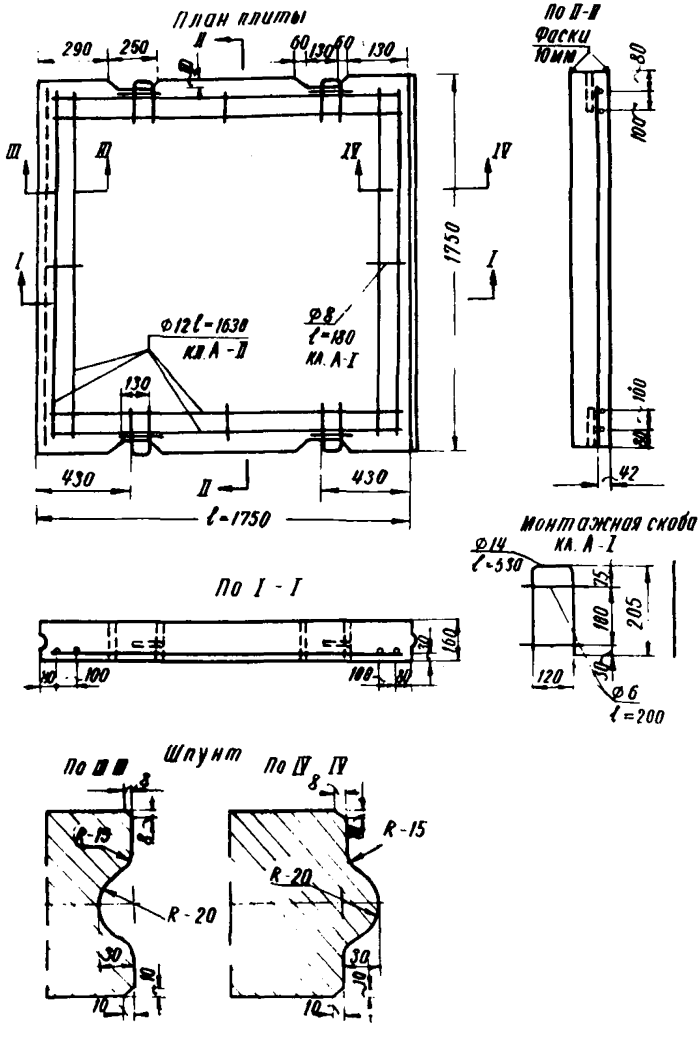


Рис.2. Дорожная плита 1,75х1,75м с армированием по контуру. Расход арматуры 4,8 кг/м^2

монтажные скобы выпускают из боковых граней на 4,5–5 см и продольные швы устраивают шириной 8–10 см.

Применение специальных узких монтажных крюков или использование для поднятия плит вакуумзахватов позволяет монтажные скобы больше втапливать в бетон и устраивать продольные швы шириной 2–4 см.

12. Плиты рассчитывают в следующей последовательности.

На основе нормативных и проектных данных определяют: расчетную нагрузку на колесо P, интенсивность движения, расход металла, марку бетона, расчетную прочность бетона на сжатие и изгиб, свойства основания, ширину покрытия, возможность изготовления предварительно напряженных плит.

При отсутствии фактических данных нормативную прочность на изгиб у пропаренного бетона назначают в 1,5 раза меньше, чем у бетона естественного твердения.

Допускаемую прочность на изгиб бетона естественного твердения принимают в 2 раза, а пропаренного – в 1,5 раза меньше нормативной

$$\left[R_{р.и}\right] = K_б \cdot R_{р.и} \quad ; \qquad K_б = 0{,}5 \div 0{,}67.$$

В расчетах учитывают динамическое воздействие нагрузки на покрытие с помощью коэффициента динамичности $m_д = 1{,}2$.

13. На основании заданной ширины покрытия и желаемого расхода арматуры определяют размеры плиты. Ширина плиты должна быть кратной ширине покрытия за вычетом ширины продольных швов. Ориентировочно длину и толщину покрытия предварительно определяют в зависимости от марки бетона, расхода арматуры и величины расчетной нагрузки (рис.3).

14. Для точного расчета плиты определяют изгибающий момент любым существующим методом расчета, с достаточной точностью учитывающим размеры плит в плане, условия загружения, свойства основания.

Наиболее полно этим требованиям отвечает метод расчета, предложенный В.С.Орловским (приложение 1), согласно которому в центре плиты размером $h \times 2A \times 2B$ продольный момент равен:

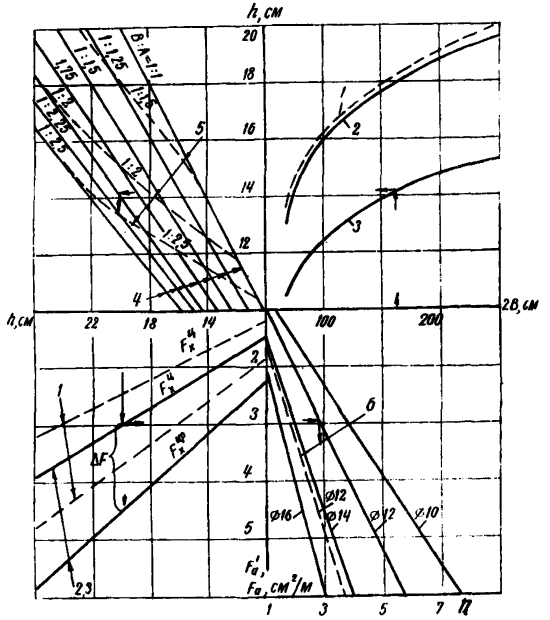


Рис.3. Номограмма для предварительного расчета сборных дорожных плит (железобетонных толщиной 16 см и бетонных любой толщины):
1– $C = 8$, $[R_{pu}] = 15$ кгс/см^2; 2– $C = 6$, $[R_{pu}] = 25$ кгс/см^2; 3– $C = 8$, $[R_{pu}] = 25$ кгс/см^2; $p \cdot m_q = 6$ тс; $E/E_o = 600$; 4– M_x^{kp}; 5– M_x^y при $m_{us} = 0{,}7$; 6–для предварительно напряженных плит толщиной 14см с $R_a = 5100$ кгс/см^2. Расчетное напряжение в арматуре $R_a = 2700$ кгс/см^2. Арматура располагается симметрично в верхней и нижней зоне. Толщина защитного слоя 3 см. n –количество стержней арматуры на 1 м ширины

$$M_x^{ч} = \frac{P \cdot m_g \cdot \alpha \cdot A}{C \cdot \beta \cdot B}\left(1 - \frac{a}{\alpha \cdot A}\right), \qquad (1)$$

где α, β – коэффициенты влияния упругих свойств основания и плиты;

$$\alpha = 1 - 0{,}38\frac{A}{2{,}5\,\ell_y}; \quad \beta = 1 - 0{,}38\frac{B}{2{,}5\,\ell_y};$$

ℓ_y – упругая характеристика плиты, отражающая свойства основания;

$$\ell_y = h\sqrt[3]{\frac{E}{6E_0}} \approx \sqrt[4]{\frac{Д}{K_0}}; \qquad (2)$$

B – короткая полусторона плиты;

A – длинная полусторона плиты, принимаемая не более чем $2{,}5\,\ell_y$;

E – модуль упругости бетона;

E_0 – модуль деформации основания;

K_0 – коэффициент постели основания;

$Д$ – цилиндрическая жесткость;

$$Д = \frac{E \cdot J}{1 - \mu^2}; \qquad (3)$$

J – момент инерции сечения;

μ – коэффициент Пуассона;

a – радиус круга, равновеликого по площади отпечатку колеса;

C – коэффициент условия контакта плиты с основанием, зависящий от размеров плиты:

при $A \leq 1{,}5\,\ell_y$ $\quad C = 8$;

при $1{,}5\,\ell_y < A < 2{,}5\,\ell_y$ $\quad C = 6{,}7$;

при $A > 2{,}5\,\ell_y$ $\quad C = 2\pi$.

В поперечном направлении в центральной части прямоугольных плит изгибающий момент принимают равным

$$M_y^{ч} = \frac{P \cdot m_g \cdot \beta B}{C \cdot \alpha A}\left(1 - \frac{a}{\beta B}\right). \qquad (4)$$

Начиная с расстояния $2{,}5\,\ell_y$ от торца плиты, $M_y^{ч}$ повышается и на расстоянии $1{,}25\,\ell_y$ от торца для прямоугольных плит $M_y^{ч}$ определяется по формуле (4), принимая, что $A = B$.

На краю плиты в продольном направлении

$$M_x^{кр} = \frac{1{,}6 \cdot P \cdot m_д \cdot m_ш \cdot \alpha A}{8 \cdot \beta' B}\left(1 - \frac{a}{\alpha A}\right) \cdot \qquad (5)$$

При $A > 1{,}5\,\ell_y$ учитывают отрицательные изгибающие моменты, возникающие на углу и торце плиты (приложение 1).

На углу плиты отрицательный момент определяют по формуле

$$M_x^{у} = -\frac{P \cdot m_д \cdot m_ш \cdot \alpha A}{3{,}46 \cdot \beta' B}\left(1 - \frac{3a}{\alpha A}\right), \qquad (6)$$

где $\beta = 1 - 0{,}38\,\frac{2B}{2{,}5}$;

$m_ш$ – коэффициент передачи нагрузки через шов на соседнюю плиту для шпунтового соединения и стыковых скоб принимают $m_ш = 0{,}7$. В формулах (5) и (6) β не должно превышать $1{,}5\,\ell_y$.

На торцевой части длинных плит при возникновении под поперечными швами "выплесков" момент находят по выражению:

$$M_x^{т} = -\frac{P \cdot m_д \cdot m_ш \alpha A}{6 \cdot \beta B}\left(1 - \frac{3a}{\alpha A}\right) \cdot \qquad (7)$$

$M_x^{у}$ и $M_x^{кр}$ действуют на краевых полосах шириной $0{,}5\,\ell_y$ увеличивая момент по треугольной эпюре. Изгибающие моменты $M_y^{кр}$, $M_y^{у}$ и $M_y^{т}$ в поперечном направлении определяют по формулам (5), (6) и (7), поменяв в них местами A и B.

15. Толщину бетонного покрытия определяют по максимальному моменту:

$$h = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{max}}{K_т \cdot R_{р.и}}} \cdot \qquad (8)$$

16. Расход арматуры находят (с о г л а с н о СНиП П-В.1-62*) по предельному состоянию из условия прочности. Арматуру располагают исходя из величины действующих в разных местах моментов. При небольшой величине $M_x^ц$, когда прочность бетона в центре плиты достаточна, количество арматуры определяется только по $M_x^ц$ без учета $M_x^{кр}$. Арматуру распределяют при этом вдоль краев плиты, чтобы воспринять также и краевые изгибающие моменты.

В качестве примера в табл.1 приводится расход арматуры, вычисленный для нагрузки P = 5тс (класс А по СНиП П-Д. 5-73).

17. Запроектированное количество арматуры должно быть достаточным для восприятия монтажных нагрузок.

Изгибающие моменты от собственного веса определяют по формулам сопротивления материалов в зависимости от длины плиты и места расположения монтажных скоб или деревянных прокладок. Коэффициент динамичности принимают: для консолей K_g = 2 и для средней части плиты K_g = 1,5. Прочность бетона на изгиб принимают на момент распалубки изделия.

В пропаренных плитах вдоль краев плиты для восприятия температурных деформаций в верхней и нижней зонах располагают не менее одного стержня арматуры диаметром 10 мм.

18. Выполняют проверочный расчет шпунтового соединения. Проверяется прочность гребня шпунта на срез, а стенок паза - на изгиб.

Первое условие удовлетворяется, если высота шпунта b (рис.4) будет не менее чем

$$b \geq 0{,}22\ h \quad . \qquad (9)$$

Предельная нагрузка, которую может передать шпунтовое соединение при этом соотношении b и h, из

Таблица 1

Расход арматуры в сборных дорожных плитах при нагрузке P = 5 тс

Размеры плит, м	Площадь сечения продольной арматуры, см²	Количество стержней № 12, шт				Вес арматуры, кг/м²
		продольных в зоне		поперечных в зоне		
		нижней	верхней	нижней	верхней	
3x1,5x0,16	10,7	10	10	7	5	15,7
4x1,2x0,16	11,2	10	10	8	6	18,4
4x1,5x0,16	11,4	12	12	8	6	17,2
2x1,5x0,16 xx)	6,7	6	2	4	2	7,2
1,5x1,5x0,16 xx)	1,75	2	2	2	2	4,5
1,75x1,75x0,16 xx)	1,75	2	2	2	2	4,0
2,0x2,0x0,16 xx)	1,75	2	2	2	2	3,8

x) Без веса зачалочных и стыковых устройств (0,6-1 кг/м²).

xx) В плитах этих размеров, изготовленных из бетона естественного твердения, арматуру можно не применять.

второго условия прочности будет равна

$$P_{пр} = \frac{[R_р] \cdot S \cdot \ell_x}{2} = \frac{[R_р] \cdot \ell_x (0{,}7h - \frac{\delta}{2})}{2}, \quad (10)$$

где $[R_р]$ - расчетная прочность бетона на растяжение;
ℓ_x - длина участка шва, передающего нагрузку.

Для проверочных расчетов принимаем ℓ_x = 100 см.

$P_{пр}$ - должна составлять не менее 60% от нагрузки на колесо.

19. Проверяют прочность стыков в виде сваренных между собой скоб. При ширине шва до 2 см предель -

ная нагрузка, передаваемая одним соединением, равна

$$P_{пр} = R_{пр} \cdot 4 \cdot d^2, \quad (11)$$

где d – диаметр арматуры, см;

$R_{пр}$ – призменная прочность бетона.

Длина заделки скоб в бетон должна быть не менее $10\,d$.

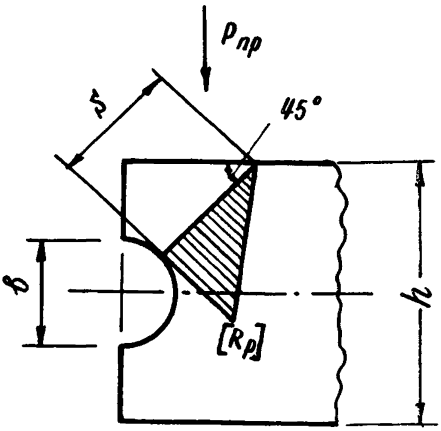


Рис.4. Эпюра расчетных растягивающих напряжений в шпунтовом соединении

20. Монтажные скобы, выступающие над поверхностью боковых граней на 5–7 см, при монтаже плит выдерживают нагрузку, определяемую по формуле (11). В покрытии же после сварки, но без омоноличивания паза, одна скоба, изготовленная из стержня диаметром 1,8 см, передает через шов не более 300 кгс (при прогибе плиты 0,05 см). Поэтому сваренные между собой монтажные скобы омоноличивают заполнением продольного шва раствором.

КОНСТРУКЦИЯ ОСНОВАНИЯ ПОД СБОРНОЕ ПОКРЫТИЕ

21. Устойчивость основания определяют, с одной стороны, его прочностными свойствами и водно-тепловым режимом и, с другой, – давлениями лежащих на основании плит. В расчет принимают большие давления под краями и углами плит в момент, когда на краю или углу плит находится нагрузка, а плиты в это время из-за температурного коробления прогибаются краями вниз.

В табл.2 вычислены для этого случая удельные давления под краями и углами плит различных размеров от нагрузки p = 6 тс. Для других данных расчет можно выполнять по методике.[x)]

Таблица 2

Значения удельных давлений на основание над краями и углами плит, кгс/см^2

Размеры плит, см	На краю		На углу		
	свободном	стыкованном	свободном	стыкованном	стыкованном вразбежку
16x180x600	1,30	1,30	1,95	1,95	1,10
16x180x400	1,26	1,26	1,90	1,90	1,05
16x180x180	1,05	0,52	1,75	0,88	0,97
14x100x100	3,50	0,68	5,30	1,02	0,68
10x75x75	5,22	1,29	7,85	1,93	1,29

Из табл. 2 следует, что под квадратными плитами размером в плане 1,8x1,8 м из-за небольшого температурного коробления и относительно больших размеров плит возникают наименьшие по сравнению с другими плитами удельные давления.

22. При назначении того или иного вида основания необходимо руководствоваться следующим: песчаное основание во время эксплуатации при давлении выше 0,5 кгс/см^2 дает необратимые осадки. В плитах длиной более 3 м эти осадки вызовут увеличение зоны контакта края плиты с основанием, а следовательно, и приведут к уменьшению удельного давления. Чтобы воспользоваться этим явлением, необходимо обеспечить прочность плит на действие отрицательных угловых и торцевых изгибающих моментов (формулы 6 и 7). В этом случае можно допустить устройство песчаного ос-

x) В.С.Орловский К определению удельных давлений от нагрузки под краями плит сборных дорожных покрытий. Сб. "Труды Союздорнии", вып.47, М.,1971.

нования под плитами более 3 м при удельном давлении под краем порядка 1-1,2 кгс/см^2 и интенсивности движения не более 1000-3000 расчетных автомобилей в сутки (в зависимости от вида применяемого в основании песка).

В тех случаях, когда соединение плит в швах не предусматривается (швы расширения), основание под такими швами укрепляют цементом на полосе сечением 0,15x1 м и длиной, равной ширине покрытия.

23. На земляном полотне, отсыпанном из грунта с коэффициентом фильтрации менее 0,5 м/сутки, укладывают морозозащитный подстилающий слой из песка с коэффициентом фильтрации не менее 1 м/сутки. Толщину подстилающего слоя основания назначают из условия устойчивости против морозного выпучивания.

При строительстве земляного полотна из слабых грунтов толщину слоя песка необходимо определять также из условия снижения давления под краями плит на уровне слабого слоя основания земляного полотна до допускаемой величины.

24. При невозможности подвоза по данному песчаному основанию плит для укладки в покрытие, при отсутствии песков нужного качества, а также в местах, где ожидаются значительные просадки основания, его переувлажнение, на всей площади предусматривается укрепление подстилающего слоя основания цементом или укладка слоя песчано-гравийной смеси. Ширина укрепленного основания должна быть на 0,5 м больше ширины покрытия. Толщина укрепленного слоя должна быть достаточной для пропуска построечного транспорта.

Поверх укрепленного слоя укладывают выравнивающий слой из песка или сухой цементопесчаной смеси. Чтобы исключить проникание песка из выравнивающего слоя в нижележащий слой песчано-гравийной смеси во время эксплуатации, смесь не должна иметь избытка гравия против количества, необходимого для оптимального состава.

Необходимо учитывать, что слой цементогрунта или песчано-гравийной смеси теоретически, при полном контакте плит с основанием уменьшает изгибающий момент от нагрузки на 10–15%. В то же время при существующей технологии укладки плит этот слой ухудшает однородность контакта плит с основанием. В результате этого в части плит возникают изгибающие моменты, значительно большие, чем на песчаном основании. Особенно большая неоднородность контактов наблюдается в плитах длиной более 2 м.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛИТ

25. Дорожные сборные плиты изготовляют таким же способом и по такой же технологии, как и плиты для гражданских и промышленных зданий. Вместе с тем технология изготовления плит и применяемое для изготовления оборудование должны обеспечивать высокое качество плит.

Точность размеров плит должна соответствовать требованиям ГОСТ 13015-67* (приложение 2).

Морозостойкость бетона должна отвечать требованиям ГОСТ 8424-72 "Бетон дорожный".

Примечание. При недостаточной морозостойкости плит, определяемой в 5%-ном растворе поваренной соли, запрещается применять соль на покрытии для борьбы с гололедом.

26. Отпускная прочность бетонных и слабоармированных плит в момент их отгрузки предприятием-изготовителем должна быть не ниже проектной марки бетона.

Отпускная прочность бетона железобетонных и предварительно напряженных плит должна быть не ниже 70% от проектной при условии увеличения прочности до проектной на 28-е сутки после изготовления.

27. При изготовлении плит из бетона (В/Ц = 0,35 ÷ 0,40) с пропаркой время выдержки, подъема температуры, время пропаривания и время снижения температуры должны быть не менее 4–4–8–3 часа.

Температура бетона во время предварительной выдержки должна быть не менее 20°С при распалубке – выше температуры воздуха не более чем на 40°С. Скорость снижения температуры плит – не более 15° в час.

28. В пропарочные камеры подается насыщенный пар, для чего перегретый пар, имеющий избыточное давление 0,2 атм и выше, перед пуском в камеру пропускают через воду.

29. Пропарочные камеры должны быть оборудованы техническими термометрами и гигрометрами или термографами с самопишущими устройствами.

30. В соответствии с принятым режимом пропаривания устанавливают суточные графики работы камер и осуществляют круглосуточный контроль за соблюдением температурного режима.

31. Прочность бетона в изделиях после пропаривания должна быть: зимой – не менее проектной прочности бетона, летом, при условии последующего "дозревания" бетона на складе, – не менее 50–70%.

32. Для повышения морозостойкости пропаренного бетона рекомендуется:

– увеличивать жесткость бетонной смеси при одновременном увеличении интенсивности вибрации с применением вибропригрузов;

– использовать воздухововлекающие и пластифицирующие добавки;

– увеличивать время выдержки перед пропариванием;

– применять ступенчатый подъем температуры;

– применять теплые бетонные смеси, уменьшающие деструктивные процессы во время подъема температуры;

– использовать шлакопортландцементы с удельной поверхностью молотого шлака не менее 4000–5000 $см^2/г$ с количеством шлака до 70%;

– закрывать открытые поверхности изделий перед пропаркой пленкообразующими материалами.

Каждая из этих мер или их сочетание могут быть приняты только после предварительного опробования оборудования и испытания бетона на прочность и морозостойкость.

33. Для повышения чистоты и ровности поверхности плит, исключения раковин, для повышения однородности бетона и снижения его стоимости рекомендуется применять (после предварительной проверки) бетонные смеси с повышенным количеством песка. При увеличении количества песка до 800 $кг/м^3$ количество цемента не увеличивают.

34. Проектируя или выбирая оборудование и технологию изготовления плит, необходимо стремиться обеспечить высокое качество плит с минимальными стоимостью и металлоемкостью оборудования и объемом ручных работ при изготовлении и транспортировании плит.

Необходимыми условиями принятой технологии изготовления плит являются:

– обеспечение высокой точности размеров плит путем применения жестких форм;

– создание высокой ровности и шероховатости рабочей поверхности плиты путем применения специальных механизмов для выравнивания поверхности бетонируемых плит.

Разравнивание и отделка поверхности плит вручную, без специальных вибробрусьев, шаблонов или калибровочных валов, запрещается.

Изготовление плит на стенде в съемной бортоснастке с ручной загрузкой бетона допускается только при обеспечении высокого качества плит.

35. Для виброуплотнения и заглаживания бетона ре-

комендуется вместо вибростолов применять вибро - брусья, вибробункеры или вибронасадки, уплотняющие бетон более равномерно и снижающие шум в цехе.

Допускается предварительно уплотнять бетон глубинными вибраторами с обязательным последующим заравниванием поверхности вибробрусьями.

При использовании жестких бетонных смесей рекомендуется применять виброштампы или пригруз к вибростолам. Пригруз должен иметь небольшую массу, чтобы чрезмерно не гасить колебания вибростола.

36. Пропаривать изделия рекомендуется только в случае необходимости быстрого освобождения форм. Если возможна немедленная распалубка (например, при изготовлении ненапряженных плит), то пропарку, снижающую морозостойкость бетона, целесообразно из технологического процесса исключить.

Для пропарки плит вместо пропарочных камер рекомендуется применять устанавливаемые друг на друга термоформы, нижняя часть которых представляет собой закрытую паровую рубашку для пропарки нижележащей плиты, а верхняя - форму или поддон.

37. Для снижения времени работы мостового крана целесообразно транспортировать формы от места бетонирования к месту пропаривания на специальных тележках.

38. Технология изготовления предварительно напряженных плит и конструкция форм может быть принята по действующей в настоящее время технологии изготовления плит ПАГ-Х1У. Для улучшения этой технологии необходимо:

- применять при уплотнении бетона вибронасадки (вибробункеры) с дополнительным виброштампом для более жестких бетонных смесей;

- изменить конструкцию форм с целью использования их как термоформ.

39. При изготовлении ненапряженных плит для снижения разбросов в размерах плит, снижения стоимости

оборудования и повышения морозостойкости бетона рекомендуется применять самоходный агрегат, состоящий из быстросъемной бортовой оснастки, загрузочного бункера, вибронасадки и виброштампа.

Агрегат изготовляет плиты из жестких смесей непосредственно на стенде (для твердения бетона без пропарки) или на поддонах-термоформах. На стенде агрегат бетонирует плиты послойно: один слой в сутки.

При выборе режима твердения бетона необходимо учитывать, что бетон естественного твердения меньше расходует цемента, более морозостоек и имеет более высокую прочность на изгиб. Поэтому рекомендуется в летнее время изготовлять плиты на стенде, используя для него складские площади, а в зимнее, при отсутствии достаточно больших теплых производственных площадей, - изготовлять плиты в цехе с пропаркой в термоформах.

40. Изготовленные плиты маркируют, указывая на боковых гранях название плиты и дату изготовления. Плиты складируют в штабелях- не более чем по 10 штук в штабеле. Площадка для хранения плит должна быть ровной, с твердым покрытием. Под нижнюю плиту и между плитами укладывают по две деревянные прокладки сечением 5х5 см. Плиты перевозят в штабелях с установкой деревянных прокладок и при необходимости - расчалок.

41. Для проверки качества изготовленных плит лаборатория завода-изготовителя из каждых 1000 плит отбирает 20 шт для наружного осмотра, определения отклонений в размерах и соответствия точности изготовления требованиям ГОСТ 13015-67* (приложение 2).

Из этой же партии плит отбирают три плиты для определения прочности (приложение 3).

Если отобранные плиты не удовлетворяют требованиям по ровности и прочности, то отбирают удвоенное количество плит для повторной проверки. При отрицательных результатах повторной проверки производится поштучная приемка плит.

Данные осмотра и замеров отобранных партий плит, а также данные испытаний плит и бетона направляют потребителю.

Указанная проверка должна предшествовать также пуску нового технологического оборудования по изготовлению плит или массовому выпуску плит новой или модернизированной конструкции.

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА СБОРНЫХ ПОКРЫТИЙ

42. При строительстве сборных покрытий выполняют следующие операции:

- укладывают и уплотняют слои основания;
- укладывают и разравнивают выравнивающие слои из песка или цементопесчаной смеси;
- проводят местное укрепление песчаного основания цементом в местах швов расширения или швов с несостыкованными плитами;
- в районах с вечной мерзлотой закрывают основание двумя слоями битумированной бумаги или слоем пергамина;
- укладывают плиты;
- сваривают стыковые и монтажные скобы;
- заполняют швы раствором и мастикой;
- укрепляют и отделывают обочины.

43. Плиты к месту укладки подвозят заблаговременно (перед окончательным выравниванием песчаного основания, устройством укрепленного цементом основания или выравнивающего слоя) или во время укладки их в покрытие.

Заблаговременно рекомендуется подвозить плиты:

- при перерывах в подготовке основания;
- при стесненных условиях на дороге для проезда и маневрирования подвозящего плиты автотранспорта;
- при плохих путях подвоза, непроезжих в дождливую погоду.

Заблаговременный подвоз плит обеспечивает более производительное использование автомобильного транспорта, гарантирует в последующем непрерывную работу по укладке плит в покрытие в любую погоду.

Заблаговременно подвезенные плиты укладывают краном на обочину с таким расчетом, чтобы они не затрудняли выравнивания основания и проезд автомобилей. Количество и место расположения предварительно подвезенных плит должно соответствовать их потребности при укладке плит в покрытие без дополнительного подвоза плит к крану.

44. Рекомендуется укладывать плиты непосредственно с автомобилей:

- при большом фронте подготовленного основания и небольшом количестве автомобильного транспорта;
- при возможности проезда и маневрирования автомобилей, подвозящих плиты к месту укладки, без существенного нарушения ровности подготовленного основания и темпов укладки плит краном.

45. Слои основания из гравийно-песчаной смеси или цементогрунта укладывают, планируют и уплотняют по обычной технологии.

Длину захватки для устройства слоя цементогрунта при перемешивании цементопесчаной смеси автогрейдером выбирают с учетом времени высыхания перемешиваемой смеси, темпов подвоза цемента, суточной производительности звена по укладке плит.

Длину захватки по выравниванию и уплотнению гравийно-песчаной смеси выбирают, учитывая темпы подвоза смеси и укладки плит.

46. При достаточной плотности песчаного и цементопесчаного основания предварительное разравнивание этих материалов производят автогрейдером, а при рыхлом основании - бульдозером. При этом длину захватки принимают кратной суточной производительности звена по укладке плит. Песчаное основание укатывают катками на пневматических шинах по обычной схеме.

47. Окончательно выравнивают основание утюгами в виде трубчатой рамы, перекрывающей всю ширину покрытия, длиной 8–12м (рис.5) или прицепным струго м , укрепленным на лыжах длиной 6–8м (рис.6).

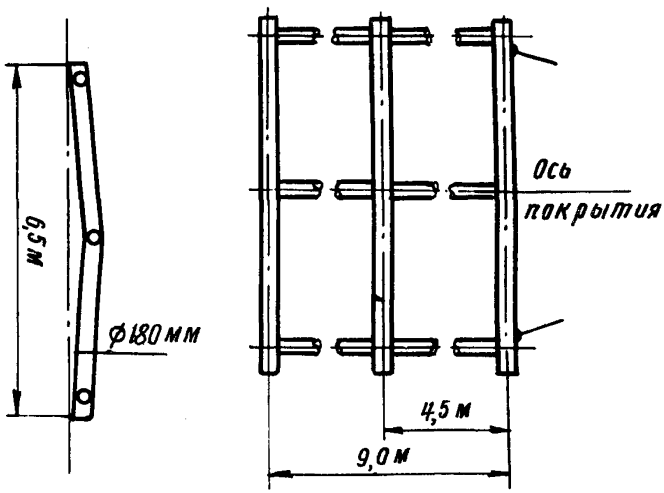


Рис.5. Рама из труб диаметром 150–180мм для планировки выравнивающего слоя или песчаного основания под покрытие шириной 6м

Для повышения эффективности выравнивания основания струг и передние части лыж имеют скреперные бункеры-накопители. Высота установки скреперного бункера впереди лыж регулируется штурвалами. Для более точной фиксации бункеров по высоте на обочинах рекомендуется натягивать проволоку.

Трубчатая рама буксируется автогрейдером или трактором. Струг буксируется задним ходом бульдозера,который для повторного выравнивания основания поднимает струг отвалом и переносит на исходную позицию.

При большой ширине покрытия и возможности сквозного проезда автомобильного транспорта для планировки основания можно использовать рельсовый профили -

ровщик Д-345. Возможно применение также самоходного на гусеничном ходу профилировщика.

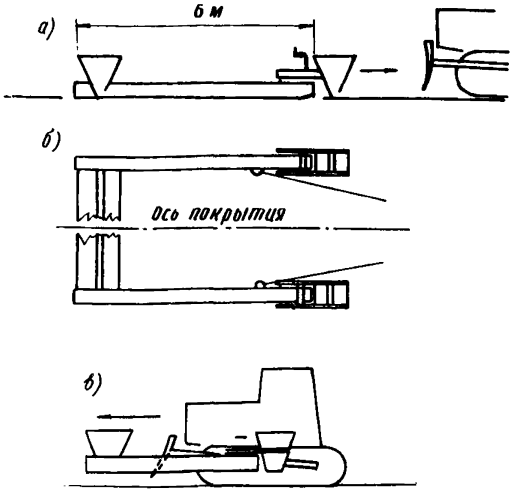


Рис.6. Прицепной планировочный струг на лыжах с предварительной планировкой основания под лыжи по натянутой на обочине проволоке. (Планировочные ножи имеют бункерные накопители грунта): а-вид сбоку; б-вид сверху; в-перевозка струга на бульдозере при обратном ходе

48. Местное укрепление основания цементом под швами без стыков между плитами выполняют вручную граблями. Эту работу выполняют непосредственно перед укладкой плит, когда положение швов без стыковых устройств на основании точно определено.

49. Плиты рекомендуется укладывать "от себя" краном на пневматическом ходу.

Грузоподъемность кранов должна быть достаточной для укладки плит без выносных опор. Длина стрелы крана должна обеспечивать разгрузку автомобилей и укладку плит в покрытие или на обочину при расположении крана на оси покрытия.

50. В случае подъема плиты с максимальным рабочим вылетом стрелы нагрузка на колесо крана должна быть не больше предельной для данной конструкции плит

При расчетной нагрузке 6 тс максимальная нагрузка на колесо крана, передвигающегося вдоль продольных краев плит, не должна превышать 6 тс, а при движении по центральным частям плит - 9 тс.

Чтобы обеспечить устойчивость несоединенных между собой плит, рекомендуется применять трехосные краны с размещением сдвоенных осей в сторону фронта укладки, а также обеспечивать движение крана с грузом по центральным частям уложенных плит.

51. Запрещается перемещать кран с подвешенными на вытянутой стреле несколькими плитами. Плиты со шпунтами стропуют так, чтобы ближняя к крану кромка плиты была ниже дальней на 4-5 см.

52. Во время работ по погрузке, выгрузке и укладке плит должны строго соблюдаться правила техники безопасности. К такелажным работам допускаются только лица, имеющие удостоверения такелажников.

53. После укладки плиты следует прикатать несколькими проходами груженых автомобилей или крана.

54. На каждой из выбранной ранее захватке ,но не реже, чем через 300 м, проверяют степень контактирования плиты с основанием. Для этого в присутствии производителя работ и заказчика поднимают три уложенные в покрытие плиты и по следу на основании определяют площадь контактирования.

Площадь контакта плиты с основанием должна быть не менее 80% от общей площади.

При укладке плит со шпунтами в поперечных швах контакт проверяют во время укладки плит.

Плиты со стыковыми скобами для проверки контактирования с основанием можно поднимать в любом месте покрытия, где скобы еще не сварены.

55. Стыковые и монтажные скобы сваривают так, чтобы длина шва на скобах была не менее 9 см, а катет шва сварки - не менее 7 мм.

В местах, где скобы не подходят друг к другу,применяют дополнительные вкладыши из гладкой горяче - катаной арматуры. Длина вкладышей должна быть не менее 10 см.

56. Швы со сваренными скобами заполняют цементным раствором (с соотношением цемента к песку 1:2 - 1:2,5 и введением ССБ в количестве 0,3% от веса цемента). Раствор по консистенции должен быть таким, чтобы он мог свободно выливаться из емкостей и заполнять швы без дополнительного штыкования.

Раствор целесообразно приготовлять в базовой или передвижной растворомешалке и подавать в швы из емкостей передвижного агрегата по приготовлению раст - вора или из кузовов самосвалов растворонасосом.

57. Нижнюю часть шва расширения заполняют раствором при температуре плит не менее 15°С. При более низкой температуре в нижнюю часть шва вставляют деревянную прокладку. Верхнюю часть швов расширения заполняют мастикой. Глубина паза под мастику должна быть в 2-2,5 раза больше, чем ширина швов.

Кромки швов перед заполнением мастикой очищают и высушивают.

58. Поперечные швы, имеющие шпунты, при ширине до 2мм не заполняют. При ширине 2-7 мм заполняют мастикой, а при ширине более 7 мм заполняют в ниж - ней части цементным раствором, а в верхней - мастикой.

59. Укрепительные и планировочные работы на обо - чинах выполняют обычным способом.

ПРАВИЛА ПРИЕМКИ ПЛИТ И ПОКРЫТИЯ

60. Строительная организация, укладывающая плиты, производит приемку поступающих плит указанным в п.41 порядком.

При несоответствии данных приемки с данными проверки качества этих плит на заводе составляется акт и предъявляется заводу рекламация.

61. При сдаче дороги в эксплуатацию построенное сборное покрытие контролируется по следующим показателям:

- ровности;
- качеству изготовленных плит;
- качеству уплотнения основания;
- качеству их укладки (степени контактирования с основанием);
- качеству заполнения швов.

По всем этим показателям строительная организация при сдаче дороги в эксплуатацию предъявляет заказчику следующие документы:

- акт определения ровности покрытия и соответствия по ровности требованиям СНиП;
- акты по определению качества и прочности плит;
- журналы производства работ и данные по уплотнению основания;
- акты по определению степени контакта плит с основанием;
- акт проверки качества заполнения швов, планировки и укрепления обочин и откосов.

ПРИЛОЖЕНИЯ

МЕТОДИКА РАСЧЕТА И ПРИМЕР

Рекомендуемый расчет основан на том, что максимальный изгибающий момент не может превышать в центре круглой плиты при точечной нагрузке и при любой осесимметричной эпюре отпора величины

$$M_{r=0}^{max} = \frac{P}{2\pi} \cdot \qquad (13)$$

Это следует из данных эксперимента[x], а также из известного дифференциального уравнения для круглой плиты

$$M_r = -Д\left(\frac{d^2\omega}{dr^2} - \frac{\mu}{r}\frac{d\omega}{dr}\right), \qquad (14)$$

если в качестве уравнения прогибов выбрать степенную функцию (например, уравнение параболоида вращения, конуса, цилиндра) или тригонометрическую функцию (например, уравнение косинусоиды или типа $\omega = \frac{y \ln ax}{ax}$), являющихся приближенным решением дифференциального уравнения прогибов плиты (6).

Для иллюстрации этого положения принимаем, например, что отпор основания под плитой (или балкой) определяется по уравнению

$$q_x = q_o \sum \cos \frac{n\pi x}{2L}, \qquad (15)$$

хорошо согласующемуся с экспериментальными эпюрами прогибов при $n = 1$,

где L – расстояние от центра плиты (начала координат) до точки, где прогиб равен нулю, соответствует радиусу плиты.

---

x) В.С.Орловский. Силовой метод расчета плит на упругом основании.–Сб."Труды Союздорнии", вып.28.М.,1969.

В этом случае после последовательного четырех - кратного интегрирования на участке 0 - L и соблюдения следующих граничных условий:

при x = 0 $\varphi = 0$;

при x = L $\theta = 0$; $M = 0$; $\omega = 0$;

(φ - угол поворота, θ - перерезывающая сила) получим уравнение прогибов (для балки)

$$\omega_x = \frac{q_0}{EJ}\left[\left(\frac{2L}{\pi}\right)^4 \cos\frac{\pi x}{2L} - \frac{Lx^3}{3\pi} + \frac{L^2x^2}{\pi} - \frac{2L^4}{3\pi}\right], \quad (16)$$

которое удовлетворяет дифференциальному уравнению для балки

$$\frac{d^4\omega}{dx^4} + \omega K_0 = 0, \quad (17)$$

при $L = \frac{\pi}{1{,}81}\sqrt[4]{\frac{EJ}{K_0}}$ для центра балки и

при $L = \frac{\pi}{1{,}43}\sqrt[4]{\frac{EJ}{K_0}}$ для x = $\frac{L}{2}$.

Последнее значение совпадает с данными испытаний плиты размером 17x175x350 см.

Дифференциальное уравнение для плиты

$$D\left(\frac{d^4w}{dz^4} + \frac{2}{z}\frac{d^3w}{dz^3} - \frac{1}{z^2}\frac{d^2w}{dz^2} + \frac{1}{z^3}\frac{dw}{dz}\right) + \omega K_0 = 0 \quad (18)$$

после подстановки прогибов из уравнения (16) (с заменой EJ на D и x на z)

при $z = 0$ будет стремиться к бесконечности (т.е. решение будет приближенным), а при $z \geq \frac{L}{2}$ будет рав-

но нулю, (т.е. решение будет точным), если

$$L = \frac{\pi}{1{,}48}\sqrt[4]{\frac{Д}{K_0}} \qquad \text{или} \qquad L = \frac{\pi}{1{,}43}\sqrt[4]{\frac{Д}{(1+\mu)K_0}}. \tag{19}$$

Приняв последнее значение для L, можно установить следующую зависимость между уравнениями для прогибов балки и плиты:

$$\omega_z = \omega_x \frac{EJ}{Д(1+\mu)}. \tag{20}$$

Подставив значение $\frac{d^2\omega}{dz^2}$ и $\frac{d\omega}{dz}$ в уравнение (14), получим для центра плиты

$$M_{z=0} = \frac{q_0}{(1+\mu)}\left[\frac{2L^2}{\pi} - \frac{4L^2}{\pi^2} + \mu\left(\frac{2L^2}{\pi} - \frac{4L^2}{\pi^2}\right)\right] = q_0\frac{2L^2}{\pi}\left(1-\frac{2}{\pi}\right). \tag{21}$$

Объем эпюры отпора равен нагрузке P. Проинтегрировав уравнение для определения объема тела вращения $V = P = \pi\int_0^{\frac{\pi}{2}} z^2 d\varphi$, получим

$$q_0 = \frac{P}{4L^2\left(1-\frac{2}{\pi}\right)}. \tag{22}$$

Подставив значение q_0 в формулу (21), окончательно получим

$$M_{z=0} = \frac{P}{2\pi},$$

что и требовалось доказать.

Из этого доказательства следуют важные для теории расчета дорожных плит выводы:

1. Принятые в настоящее время уравнения прогибов являются точным решением дифференциального уравнения (18), которое, в свою очередь, является следстви-

ем применения гипотезы "плоских сечений", согласно которой поперечные сечения по радиусу плиты не "давят" друг на друга и сумма деформаций в нижней или верхней зоне по радиусу плиты равна нулю. По-видимому, эта гипотеза неточно отражает действительную картину изгиба плиты (отчасти и балки). Многочисленные испытания плит больших размеров показали, что прогибы с увеличением расстояния от точки приложения нагрузки затухают быстрее, чем по теории. Это легко объясняется наличием в плите значительных горизонтальных перераспределяющих усилий из-за стесненного изгиба, когда сумма деформаций в нижней или верхней зоне не равна нулю[x]. Отметим также, что в коротких плитах или балках эпюра прогибов более пологая.

2. Следует учитывать также то, что в дорожных плитах эпюра отпора основания неточно соответствует эпюре прогибов, она отражает также контактные условия плиты с основанием в процессе эксплуатации. Поэтому целесообразно эпюру отпора основания принимать не из точного решения дифференциальных уравнений (18) или (17), а на основе простых зависимостей, отражающих реальные эпюры отпора и в то же время удовлетворяющих равенству (13), т.е. условию предельно возможного момента.

Вычисленные на основе этих исходных уравнений отпора основания уравнения прогибов могут быть приближенным решением уравнения (18) при $\gamma = \varkappa = 0$, но точными при $\frac{l}{2} < \gamma < l$.

3. Такой расчет в отличие от обычного можно назвать расчетом по исходным уравнениям отпора основания или "силовым".

Одним из вариантов этого способа, графически его поясняющим является способ деления плиты на ряд полосок, предложенный В.С.Орловским, приводящий к тем

[x] См. В.С.Орловский. Практический метод расчета дорожных бетонных плит с учетом горизонтальных перераспределяющих усилий.-Сб."Труды Союздорнии",вып.17. М., 1967.

же результатам, т.е. к предельно возможному значению момента в центре плиты.[x] При этом полоски снизу нагружены силами отпора по определенной эпюре, зависящей от упругих свойств основания и размеров плиты, а сверху – частью внешней нагрузки $2p_a$, равной, из условия равновесия, сумме сил отпора под каждой из полосок. В соответствии с этим способом в центре прямоугольной плиты размером h x2Ax2B изгибающий момент определяем по формуле

$$M_x^4 = p_a l_a - p_a \frac{a}{2} = p_a \left(l_a - \frac{a}{2}\right); \; p_a = q_o S_a \quad (23)$$

Для разных упругих свойств основания, для разных размеров плит, с учетом различной полноты эпюры отпора основания объем эпюры отпора под четвертью плиты запишем равным:

$$\frac{P}{4} = q_o \left(1 - 0{,}38 \frac{A}{2{,}5 l_y}\right) \cdot A \left(1 - 0{,}38 \frac{B}{2{,}5 l_y}\right) B . \quad (24)$$

Обозначим

$$1 - 0{,}38 \frac{A}{2{,}5 l_y} = \alpha ; \quad (25)$$

$$1 - 0{,}38 \frac{B}{2{,}5 l_y} = \beta ; \quad (26)$$

α, β – коэффициенты влияния упругих свойств плиты и основания.

В этом случае $q_o = \frac{P}{4 \cdot \alpha \cdot A \cdot \beta B}$; $S_a = \alpha A$; $S_b = \beta B$;

l_a – плечо сил отпора-можно принять равным $\frac{\alpha}{2} A$. Подставив эти обозначения в уравнение (23), получим

[x] См. В.С.Орловский. Практический метод расчета дорожных бетонных плит с учетом горизонтальных перерас – пределяющих усилий.–Сб. "Труды Союздорнии,вып.17. М., 1967.

$$M_x^u = \frac{P \cdot \alpha A}{4 \cdot \alpha A \cdot \beta B}\left(\frac{\alpha A}{2} - \frac{a}{2}\right) = \frac{P \cdot \alpha A}{8 \cdot \beta B}\left(1 - \frac{a}{\alpha A}\right). \qquad (27)$$

Для расчета больших плит вместо 8 подставляют вели - чину 2π. Это учтено коэффициентом C, определяющим также условия контакта плит с основанием.

Для угла плиты принимаем, что колесо с радиусом a находится на продольном краю плиты, но рядом с поперечным краем. В этом случае в точке, где эпюра отпора затухает, изгибающий момент равен

$$M_x^y = P_a\left[(L - \ell_x) - (L - a)\right] = -P_a(\ell_x - a).$$

Эпюру отпора в поперечном направлении принима - ем вогнутой, длиной $2B$, а в продольном - вогнутой, длиной A или $2{,}5\ell_y$, если $A > 2{,}5\ell_y$. B принимаем не больше $1{,}25\ell_y$.

В этом случае

$$P = q_0 \frac{\alpha A}{1{,}73} \cdot \frac{\left(1 - 0{,}38\,\frac{2B}{2{,}5\ell_y}\right)}{1{,}73} \cdot 2B.$$

Произведение поправочных коэффициентов в знаме - нателе должно быть равно 3. Выражение в скобках обозначим β'; получим

$$q_0 = \frac{3P}{2 \cdot \alpha A \cdot \beta' B}; \quad S_a = \frac{\alpha A}{1{,}73};$$

$$P_a = q_0 S_a = q_0 \frac{\alpha A}{1{,}73}. \text{ Примем } \ell_x = \frac{\alpha}{3} A.$$

В итоге получим

$$M_x^y = -\frac{3P}{2 \cdot \alpha A \cdot \beta' B} \cdot \frac{\alpha A}{1{,}73}\left(\frac{\alpha A}{3} - a\right) = -\frac{P \alpha A}{3{,}46 \beta' B}\left(1 - \frac{3a}{\alpha A}\right) \quad (6)$$

На торце плиты отрицательный момент определяем аналогично, но β принимаем как для центра плиты. В

этом случае

$$P = q_0 \frac{\alpha \cdot A}{1,73} \cdot \beta \cdot B2 \; ; \quad q_0 = \frac{1,73P}{\alpha A \cdot \beta B \cdot 2} \; ;$$

$$P_a = q_0 \frac{\alpha A}{1,73} \; ; \quad \ell_x = \frac{\alpha A}{3} \; .$$

$$M_x^T = - \frac{1,73P}{\alpha A \cdot \beta B \cdot 2} \cdot \frac{\alpha A}{1,73} \left(\frac{\alpha A}{3} - a \right) =$$

$$= - \frac{P \alpha A}{6 \cdot \beta B} \left(1 - \frac{3a}{\alpha A} \right) . \qquad (7)$$

Для края плиты получим

$$M_x = P_a \ell_x - P_a \frac{a}{2} \; ;$$

$$P_a = q_0 S_a \; ; \quad \frac{P}{2} = q_0 \alpha A \cdot \frac{\beta'}{1,73} 2B \; ;$$

$$S_a = \alpha \cdot A \; ; \quad q_0 = \frac{1,73P}{\alpha \cdot A \beta' 4B} \; ; \quad \ell_x = \frac{\alpha A}{2} \; ;$$

$$M_x^{KP} = \frac{1,73P}{\alpha A \cdot \beta' 4B} \alpha A \left(\frac{\alpha A}{2} - \frac{a}{2} \right) =$$

$$= \frac{1,73 P \alpha A}{8 \beta' B} \left(1 - \frac{a}{\alpha A} \right) . \qquad (28)$$

Обычно под краями плит из-за повторности приложения нагрузки, температурного коробления, высыхания основания и пр. контакт плиты с основанием неполный. В этом случае более правильно принять, что

$$\frac{P}{2} = q_0 \alpha A \cdot \frac{\beta'}{1,6} \cdot 2B .$$

Тогда момент на краю уменьшается до значения, ука - занного в формуле (5).

Значение C=4 следует рассматривать как предельно возможное. Из данных испытаний моделей плит на однородном сыпучем песке следует, что C=5. По данным испытаний плит ПАГ-Х1У в Тюменской области $C=2\pi$.

Прокатка подвижной нагрузкой опытного участка, построенного из плит размером 16х183х200 см, прокатка плит размером 16х150х300 см и 14х200х600 см показала, что в первом случае почти не бывает разброса значений напряжений; плиты хорошо контактируют с основанием, в то время как под другими плитами часто наблюдаются пустоты, швы с большими прогибами. О хорошем контакте небольших плит с основанием свиде - тельствуют: 18-летний опыт работы плит размером 18х117х117 см на дороге Белая Церковь-Одесса, 5-летний опыт работы плит размером 18х150х175 см в г. Сургуте, результаты испытания плиты р а з м е р о м 14х200х200 см в Союздорнии. Поэтому целесообразно установить значение коэффициента C в зависимос т и от размера плит - при $A = \ell_y$ C =8, а при $A \geq 2,5\,\ell_y$ $C = 2\pi$, т.е.

$$C_{A=(1 \div 2,5)\ell_y} = 8 - \frac{1,72\,(A - \ell_y)}{1,5\,\ell_y} . \qquad (29)$$

Приведем данные испытаний и сравним их с вычисленными по формулам (1) и (5).

На дорогах Тюменской области в продольном направлении на краю плиты (наиболее прогнувшейся из 20 прокатанных подвижной нагрузкой плит) от нагрузки 5 тс

(10 тс на ось) напряжение при E=315000кгс/см^2 было равно 36,6 кгс/см^2. В поперечном направлении в центре плиты (но на другой из 20 плит) напряжение было равно 13,3 кгс/см^2. Напряжение вычисляли по данным прогибомера, установленного непосредственно возле сдвоенных колес задней оси груженого автомобиля - самосвала.

В монолитной плите размером 17х175х500 см, уложенной на песчаное основание с модулем деформации E_0 = 600 кгс/см^2, продольное напряжение от нагрузки P =5тс, приложенной через кольцевой штамп, равно в центре плиты 22,5 кгс/см^2 и на краю -33,5 кгс/см^2; в поперечном направлении в центре - 18кгс/см^2 и на краю - 25 кгс/см^2.

В моделях плит, уложенных на песчаное основание с коэффициентом постели K_0 = 10 кгс/см^2, при радиусе штампа 4,3 см были получены следующие напряжения:

в плите 4,2х40х40 см при P=350 кгс $\sigma_x^{ч}$ = $\sigma_y^{ч}$ = =18,8 кгс/см^2;

в плите 4,4х40х80 см при P=420 кгс $\sigma_x^{ч}$ = 28,0 и $\sigma_y^{ч}$ = 16,2 кгс/см^2;

в плите 4,2х40х120 см при P=320 кгс $\sigma_x^{ч}$ =34,0 и $\sigma_y^{ч}$ = 15,1 кгс/см^2.

Также были определены напряжения по формулам (1) и (5):

для плиты ПАГ-Х1У $\sigma_x^{ч}$=28,6 и $\sigma_x^{кр}$=43,0 кгс/см^2;

для плиты 17х175х500 см $\sigma_x^{ч}$=22,6 и $\sigma_x^{кр}$=33,8кгс/см^2;

для плиты 4,2х40х40 см с C=5 $\sigma_x^{ч}$= $\sigma_y^{ч}$=17,6кгс/см^2;

для плиты 4,4х40х80 см с C=5 $\sigma_x^{ч}$= 29,2 кгс/см^2;

для плиты 4,2х40х120 см с C=5 $\sigma_x^{ч}$ =38,8 кгс/см^2,т.е., как видим, наблюдается хорошее совпадение расчета с данными испытаний.

При испытании опытного участка,построенного из плит размером 16х184х200 см на песчаном основании, максимальные напряжения от нагрузки 3,21 тс в центре плиты были равны 10 кгс/см^2, а на торце - 6 кгс/см^2. Разброс значений напряжений и прогибов в этих плитах был небольшой, в пределах 20%.

Аналогичные испытания, проведенные для сравнения на плитах размером 16х150х300 см, показали, что в этих плитах разброс значений напряжений намного больше. В местах съезда с покрытия обнаружены плиты, опирающиеся на основания только противоположными краями. В одной из плит напряжение от нагрузки 3,21 тс было 36 кгс/см^2, во второй - 60 кгс/см^2. Максимальный прогиб от этой нагрузки в центре опытных плит был равен 0,225 мм, а в центре плит размером 16х150х300 см - 0,7 мм.

Пример расчета

Определить количество арматуры в предварительно напряженной плите размером $2B$ х$2A$ хh =2х6х0,14 м.

Исходные данные. Бетон марки "300" пропаренный, модуль упругости бетона 315000 кгс/см^2.

Напряженная арматура класса А-1У. Расчетное напряжение R_a = 51000 кгс/см^2. Ненапряженная - класса А-II с R_a = 2700 кгс/см^2 и класса А-1 с R_a=2100кгс/см^2. Основание песчаное с модулем деформации E_0 = 600 кгс/см^2. Нагрузка P=5 тс, коэффициент динамичности m_g =1,2. Радиус круга, равновеликого отпечатку колеса, a = 16 см.

Решение.

Определяем по формуле (2) упругую характеристику l_y.

l_y = 62 см; 2,5 l_y = 156 см; 1,5 l_y = 93 см.

По формуле (1) находим

$$\alpha = 1-0{,}38 = 0{,}62; \beta = 1-0{,}38\,\frac{100}{156} = 1-0{,}24 = 0{,}76;$$

$$M_x^{ч} = \frac{5000\cdot 1{,}2\cdot 0{,}62\cdot 156}{2\pi\cdot 0{,}76\cdot 100}\left(1-\frac{16}{0{,}62\cdot 156}\right) = 1030 \text{ кгс}.$$

По формуле (4) для центральной части плиты

$$M_y^{ч} = \frac{5000 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}76 \cdot 100}{6{,}7 \cdot 0{,}62 \cdot 156}\left(1 - \frac{16}{0{,}76 \cdot 100}\right) = 550 \text{ кгс.}$$

Для частей плиты у торца при $B = 100$ и $A = 100$см

$$M_y^{ч} = \frac{5000 \cdot 1{,}2}{0{,}67}\left(1 - \frac{16}{0{,}76 \cdot 100}\right) = 705 \text{ кгс.}$$

На краю плиты по формуле (5) в продольном направлении при $\beta' = 0{,}55$

$$M_x^{кр} = \frac{1{,}6 \cdot 5000 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}62 \cdot 156}{8 \cdot 0{,}55 \cdot 93}\left(1 - \frac{16}{0{,}62 \cdot 156}\right) = 1900 \text{ кгс} \cdot \text{см}$$ и

в поперечном

$$M_y^{кр} = \frac{1{,}6 \cdot 5000 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}76 \cdot 100}{8 \cdot 0{,}55 \cdot 93}\left(1 - \frac{16}{0{,}76 \cdot 100}\right) = 1400 \text{ кгс.}$$

На углу плиты отрицательный момент по формуле (6) равен

$$M_x^{у} = -\frac{0{,}7 \cdot 5000 \cdot 0{,}62 \cdot 156}{3{,}46 \cdot 0{,}55 \cdot 93}\left(1 - \frac{3 \cdot 16}{0{,}62 \cdot 156}\right) = -1170 \text{ кгс.}$$

На торце по формуле (7)

$$M_x^{т} = -\frac{0{,}7 \cdot 5000 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}62 \cdot 156}{6 \cdot 0{,}76 \cdot 100}\left(1 - \frac{3 \cdot 16}{0{,}62 \cdot 156}\right) = -450 \text{ кгс}$$

В несостыкованных плитах $M_x^{у} = 1670$ и $M_x^{т} = 640$ кгс.

В поперечном направлении $M_y^{у}$ и $M_y^{т}$ небольшие и не учитываются.

Определяем, что в центре плиты напряжение в бетоне равно $\sigma_x^{ч} = \frac{M_x^{ч}}{W} = 31{,}4$ кгс/см^2, т.е. больше допускаемого для пропаренного бетона. Поэтому в нижней зоне проводим армирование в центре и на краю плиты.

В центре плиты в верхней зоне

$$\sigma_x^{т} = \frac{M_x^{т}}{W} = 13{,}7 \text{ кгс/см}^2,$$ т.е. меньше допускае-

мого $[R_{р.ч}]$ = 17,5 кгс/см^2. Поэтому в верхней зоне можно рассчитывать арматуру как для центра плиты, но располагать ее ближе к краю, чтобы воспринять M_x^y.

Принимая симметричное армирование в верхней и нижней зонах, расход арматуры согласно СНиП II-В.1-62* определяем по формуле

$$F_a^x = \frac{M_x^ч \cdot 2B + (M_x^{кр} - M_x^ч) \cdot l_y \cdot 0{,}5}{z \cdot R_a},$$

где z – расстояние между стержнями верхней и нижней зон.

Для нашего примера в продольном направлении при z = 8 см и R_a = 5100 кгс/см^2.

$F_a^x = F_a^{xI}$ = 5,7 см^2 (по 5 стержней диаметром 12 мм вверху и внизу).

В поперечном направлении на краях плиты количество арматуры при симметричном армировании определяем по формуле

$$F_a = \frac{M_y^{кр} \cdot l_y}{z R_a}.$$

При z = 8 см и R_a = 2700 кгс/см^2

$$F_a^y = \frac{1400 \cdot 62}{8 \cdot 2700} = 4 \text{ см}^2$$ (4 стержня диаметром 12 мм).

В поперечном направлении в центре плиты на 100см длины при z = 8 см и R_a = 2100 кгс/см^2

$$F_a = \frac{M_y^ч \cdot 100}{z \cdot R_a} = 3{,}2 \text{ см}^2$$ (16 стержней диаметром 5 мм).

Однако, учитывая, что в центре плиты в поперечном направлении напряжения от нагрузки меньше чем допускаемые для пропаренного бетона, поперечную арматуру можно в центре не ставить.

В итоге, как видим, расчетом определено то количество арматуры, которое имеется в плитах ПДГ 2-6с, широко используемых для дорожного строительства.

Приложение 2

ТРЕБОВАНИЯ ГОСТ 13015-67 * «ИЗДЕЛИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ И БЕТОННЫЕ. ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ» К ПЛИТАМ СБОРНЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

Требования	Единицы измерения	Показатель
Допускаемые отклонения в размерах плит до 6 м включительно		
а) по длине	мм	±8
б) по ширине	"	±5
в) по толщине	"	±5
г) по размещению вырезов, пазов	"	±5
Разность длин диагоналей не более при площади плит		
а) до 8 м^2 включительно . . .	"	10
б) от 8 до 20 м^2 включительно	"	12
Неплоскостность поверхности не более при площади плит		
а) до 8 м^2 включительно . . .	"	6
б) от 8 до 20 м^2 включительно	"	8
Отклонения в положении закладных деталей не должны превышать		
а) в плоскости плиты	"	10
б) из плоскости плиты	"	3
Ровность поверхности под двухметровой рейкой	"	±3
Отклонения в величине защитного слоя бетона	"	+10-5
Расстояния от концов арматуры до грани плит, не более		

Продолжение табл.

Требования	Единицы измерения	Показатель
а) плиты с ненапрягаемой арматурой	мм	5
б) плиты с напрягаемой арматурой (выступ за грань). .	"	3
Требования к внешнему виду:		
а) раковины, местные наплывы, жировые и ржавые пятна	Не допускаются	
б) околы бетона ребер глубиной, не более.	мм	5
общей длиной на 1 м	"	50
в) трещины, за исключением усадочных трещин, не более 0,5 мм	Не допускаются	
г) оголения арматуры	"	
д) чистота закладных деталей.	Полностью чистые от раствора и бетона	
Хранение в горизонтальном положении на прокладках толщиной, не менее	мм	30

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ПЛИТЫ НА СТЕНДЕ

Для определения прочности отобранных из партии 1000 штук три плиты устанавливают на двух опорах и испытывают вертикальной нагрузкой, прикладываемой в четвертях пролета (рис.7).

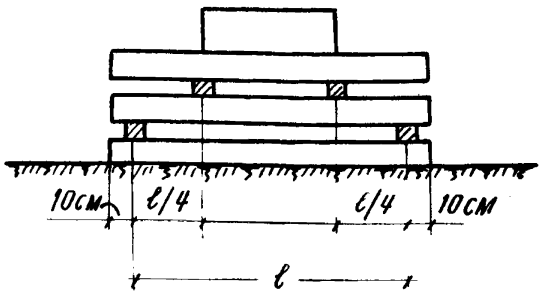


Рис.7. Схема расположения опор и нагрузок при заводских испытаниях плит

Основанием служит ровная бетонная площадка, например, сборная плита, обращенная кверху более ровной стороной. Опорами служат металлические стержни или ровные деревянные с минимальным количеством сучков брусья сечением 5х5 см. Брусья устанавливают в 10 см от краев плиты так, чтобы сучки в дереве располагались горизонтально.

Испытуемая плита более ровной поверхностью должна быть обращена вниз.

Верхние загрузочные брусья (того же сечения) располагают в четвертях длины пролета ℓ.

Нагрузка создается путем укладки на верхние брусья плит. Общий вес плит должен быть таким, чтобы создавать в плитах расчетный изгибающий момент, т.е. тот момент, который возникает на краю плиты от расчетной нагрузки с учетом коэффициента динамичности.

Нагрузка испытания

$$P_{исп} = \frac{16 \cdot B \cdot M_x^{кр}}{\ell} .$$

Бетонная плита считается выдержавшей испытание, если в ней не возникли трещины. В железобетонной и предварительно напряженной плите допускается образование трещин шириной не более 0,2мм, которые после снятия нагрузки должны сомкнуться.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Настоящие "Методические рекомендации" обобщают опыт проектирования и изготовления сборных дорожных плит, а также опыт проектирования и строительства сборного покрытия. Каждый из рекомендуемых приемов строительства или конструктивных элементов плит и покрытия дает определенный экономический эффект.

Так, большой экономический эффект - 2-4 руб/м^2 - дает применение песчаных оснований вместо песчано - гравийных. Применение слабоармированных плит вместо плит ПДГ-2-6с снижает металлоемкость на 5 кг/м^2 стоимостью 0,160х5=0,80 руб/м^2, но за счет увеличения толщины покрытия на 2 см повышается стоимость на 0,18 х 2 =0,36 руб.

В результате экономический эффект составит 0,80-0,36 = 0,44 руб/м^2.

При сравнении с железобетонными плитами размером 16х150х300 см расход металла сократится на 17-5=12 кг/м^2 стоимостью 0,16х12=1,92 руб/м^2.

По сравнению с плитами размером 18х175х150 см с расходом арматуры 18 кг/см^2 экономический эффект определится суммой экономии на арматуре 13х0,16=2,08 руб/м^2 и на бетоне - 0,18х2=0,36, т.е. 2,44 руб/м^2.

По сравнению с плитами низкой ровности, применяемыми только как основание под слой асфальтобетона толщиной 8см, использование плит высокой ровности, укладываемых без уступов, позволяет не устраивать выравнивающий слой из асфальтобетона и получить экономический эффект в размере 2,5 руб/м^2.

Рекомендуемые планировщики основания позволят улучшить ровность покрытия, повысить темп укладки плит.

Заливка продольных швов раствором или мелкозер -

нистым бетоном на всю высоту от шва позволяет повы - сить долговечность заполнения от 1-2 лет до 5-7 лет и сэкономить на мастике. Так, за дополнительные три года эксплуатации экономия составит: 0,5 x 3 x 150 = 222 руб/км.

Использование бетонирующего агрегата, объединяющего бункер, вибронасадку и быстросъемную боковую опалубку, повышает производительность труда при из - готовлении плит на 30-50% по сравнению с поточно-агрегатным методом или в 1,5-2,0 раза по сравнению с бетонированием в отдельных формах или на стендах, дает возможность наладить качественное производство плит из местных материалов вблизи от места их пот - ребления на бетоне естественного твердения или с небольшим подогревом в зимнее время.

Применение жестких бетонных смесей, необходимых для немедленной распалубки и естественного твердения, повышает морозостойкость бетона не менее чем в 2 раза и снижает потребление цемента для той же марки бетона на 410-310=100 кг/м^3 стоимостью 1,75 руб/м^3 (0,28 руб/м^2).

Изготовление плит бетонирующими агрегатами силами строительных управлений позволяет снизить стоимость сборных плит за счет уменьшения накладных расходов и плановых накоплений не менее чем на 22%.

В итоге применение местных материалов для изготовления плит, использование бетонирующих агрегатов позволяют снизить стоимость слабоармированных плит, выпускаемых силами СУ от 57-65 руб/м^3 до 36-40 руб/м^3, т.е. не менее чем в 1,4 раза.

Суммарный экономический эффект от внедрения рекомендаций для разных условий будет различный: наименьший - при первоначальном применении плит ПДГ-2 - 6 с (на основании из песчано-гравийной смеси) - 2,46 руб/м^2; наибольший - при первоначальном применении плит толщиной 18 см с расходом арматуры 18 кг/м^2 на основании из песчано-гравийной смеси, с заменой этой кон -

струкции покрытием из слабоармированных плит, изготовляемых бетонирующими агрегатами силами строительных управлений, и укладке плит на песчаное основание:

$$Э=2+2,44+\frac{225}{7000}+0,22 \cdot 7=6,3 \text{ руб/м}^2.$$

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	2
Общие положения	3
Материалы, применяемые для строительства сборного покрытия	4
Конструирование и расчет сборных дорожных покрытий	5
Конструкция основания под сборное покрытие	15
Технология изготовления плит	18
Технология строительства сборных покрытий	23
Правила приемки плит и покрытия	28
Приложения	31

Ответственный за выпуск В.О.Арутюнян
Редактор О.А.Ильина
Корректор Ж.П.Иноземцева
Технический редактор А.В.Евстигнеева

Подписано к печати 20/У1.1973г. Формат 60х84/16
Л 78041 Заказ 152-3
Тираж 700
Цена 25 коп. 3,1 п.л.
2,2 уч.-изд.л.

Ротапринт Союздорнии

gost.e-ecolog.ru