

Метод обоснования состава комплекта сборно-разборных дорожных покрытий для обустройства временных автомобильных дорог

В.А. Трепалин¹, С.А. Уколов¹, Л.Н. Викулова², А.С. Симонова²

¹Санкт-Петербургский государственный политехнический университет Петра Великого

²Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Аннотация: В статье рассмотрено применение сборно-разборных дорожных покрытий (СРДП) на временных дорогах и разработан метод обоснования состава комплекта сборно-разборного дорожного покрытия, применение которого обеспечит строительство участка автомобильной дороги в наиболее вероятных условиях, таких, как подъезды к площадкам строительства, в качестве деревянных дорог и даже мостов, подходов к мосту, объездов основных дорог во время строительства. Предложенный метод обоснования состава комплекта сборно-разборного дорожного покрытия позволяет рассчитать состав комплекта не только с учетом его массогабаритных характеристик, но и условий применения. Главным из этих условий является неопределенность длины участков автомобильной дороги, требующих применения СРДП. В отличие от существующих, предлагаемый метод позволяет снизить влияние неопределенности и получить состав комплекта, применение которого обеспечит строительство участка автомобильной дороги в наиболее вероятных условиях.

Ключевые слова: автомобильная дорога, подъезд, дорожное покрытие, мост, подход к мосту, площадка строительства, сборно-разборные дорожные покрытия, плита, строительство дорог, метод.

Введение

Временная автомобильная дорога – это дорога, сооружаемая на срок службы менее пяти лет и обеспечивающая движение автомобилей или строительных транспортных средств по обслуживанию грузовых и пассажирских перевозок в период сооружения новых объектов, реконструкции или ремонта (которая может переводиться в автомобильную дорогу общего пользования) [1].

Это дороги на подъездах к строительным площадкам, непосредственно в местах строительства и тому подобное. Возводятся они с соответствием всех действующих стандартов и норм, ведь, как правило, проходить они будут непосредственно в соприкосновении с обычными дорогами общего

пользования [2]. Что касается покрытия, то используется только тот тип материала, который позволяет производить круглогодичный подъезд к площадке. То есть, дорога должна быть качественной, с соответствующим покрытием для проезда в любую погоду [3].

Покрытие под такие дороги подбирается в соответствии с интенсивностью движения, к примеру, может быть использован следующий материал:

1. Гравий.
2. Шлак.
3. Сборные бетонные конструкции (плиты).
4. Любой другой материал, соответствующий требованиям и находящийся вблизи строительства [4, 5].

В некоторых случаях возможно даже применение деревянных дорог и даже мостов, если речь идет о каких-то отдаленных районах, куда сложно доставлять строительный материал, например, строительные площадки в тайге или за полярным кругом, а также в районах мостовых переходов [6, 7].

Основная часть

В нашей статье рассмотрим применение сборно-разборных дорожных покрытий на таких дорогах и обоснуем состав комплекта сборно-разборных дорожных покрытий (СРДП). В таком случае состав комплекта должен обеспечивать устройство подходов к мосту, объездов основных дорог во время строительства, подъездов к строительным площадкам и т.д. Исходя из этого, расчетная длина комплекта СРДП должна определяться на основе имеющихся статистических данных по прогнозируемой протяженности подходов, объездов, которые реально готовились при строительстве дорог.

Разработка метода обоснования состава комплекта сборно-разборного дорожного покрытия заключается в определении количества плит в комплекте, запасных частей и принадлежностей к нему, исходя из способов

его устройства, транспортировки, погрузки и разгрузки в различные виды транспорта.

При обосновании состава комплекта целесообразно исходить из определения его среднестатистической длины. Расчет этой характеристики позволит получить количество плит в комплекте или его среднестатистический состав. Определение статистических характеристик расчетного комплекта СРДП должно основываться на двух основных принципах:

1) использование для статистических расчетов наиболее часто встречающихся на практике случаев, вызывающих необходимость применения СРДП. Таковыми являются: во-первых, оборудование подходов к мостам и переправам при их строительстве (восстановлении); во-вторых, при строительстве основных дорог на обходах; в-третьих, при строительстве основных дорог на заболоченных участках местности, при возведении земляного полотна на слабо связанных грунтах, а также в случаях отсутствия возможности устройства дорожного покрытия другим способом на грунтовых основаниях с низкой несущей способностью.

2) при расчетах необходимо учитывать способ укладки СРДП в виде сплошного или колеяного покрытия, а также особенности продольного и поперечного профилей восстанавливаемой дороги или подходов к мосту.

Основываясь на этих принципах, рассмотрим способ определения расчетной длины комплекта СРДП, а затем исходя из известных геометрических и массогабаритных характеристик плиты, определим его состав.

При таком подходе метод обоснования состава комплекта СРДП должен включать следующие этапы:

Этап 1. Определение и систематизация перечня параметров, характеризующих геометрические характеристики продольного и

поперечного профилей подходов (обходов на участках строящейся автомобильной дороги), длину подходов (обходов), ширину земляного полотна и несущую способность грунтового основания.

Перечень параметров, характеризующих подходы к мостам (обходы строящихся участков), можно определить, исходя из состава и требуемых эксплуатационных показателей, наличия водных преград, мостовых переходов, характеристик рельефа местности и других условий.

По результатам обработки этого этапа строится таблица, в которую заносится вся необходимая информация для последующей статистической обработки параметров (таблица 1).

Таблица № 1

Данные о строящихся участках автомобильной дороги

Наименование строящегося объекта (участка АД)	Габарит строящегося моста (участка АД)	Протяженность подходов к мосту, (обхода строящегося участка АД)	Математическое ожидание протяженности	Среднеквадратическое отклонение протяженности	Доверительный интервал протяженности	Модуль упругости основания
1	2	3	4	5	6	7
n_1	$B_{nч1}$	L_{n1}	\bar{L}_{n1}	$\sigma_{L_{n1}}$	$\pm \bar{L}_{n1}$	E_{01}
n_2	$B_{nч2}$	L_{n2}	\bar{L}_{n2}	$\sigma_{L_{n2}}$	$\pm \bar{L}_{n2}$	E_{02}
n_3	$B_{nч3}$	L_{n3}	\bar{L}_{n3}	$\sigma_{L_{n3}}$	$\pm \bar{L}_{n3}$	E_{03}
n_i	$B_{nчи}$	L_{ni}	\bar{L}_{ni}	$\sigma_{L_{ni}}$	$\pm \bar{L}_{ni}$	E_{0i}
...
n_k	$B_{nчk}$	L_{nk}	\bar{L}_{nk}	$\sigma_{L_{nk}}$	$\pm \bar{L}_{nk}$	E_{0k}

Необходимо отметить, что столбец 7 в таблице 1 включен для того, чтобы выбрать из всего множества объектов на автомобильных дорогах, те из них, которые требуют применения СРДП в связи с низким значением модуля

упругости основания E_0 . Таким значением по результатам ранее выполненных исследований является:

$$E_0 = 60 - 150 \text{ кг/см}^2.$$

Это позволит, с одной стороны, обеспечить высокий темп строительства подходов на участках автомобильной дороги с низкой несущей способностью грунтов. С другой – исключить нерациональное применение СРДП и минимизировать затраты, связанные с изготовлением, хранением, транспортировкой и применением СРДП [8, 9]

Этап 2. Формирование экспериментальных выборок геометрических характеристик подходов.

Поскольку на каждом строящемся объекте протяженность участка является случайной величиной, то для получения ее статистических характеристик целесообразно сформировать экспериментальные выборки значений габаритов строящегося (восстанавливаемого) моста (ширина проезжей части строящегося участка АД) и протяженность подходов к мосту (обходов строящегося участка АД). С этой целью на основе данных таблицы 1 для каждого строящегося объекта, которые выбираются по значению модуля упругости E_0 , формируются выборки случайной величины габаритов (ширины проезжей части):

$$B_{nc} = \{b_{nci}\}$$

и протяженности подходов (обходов):

$$L_n = \{l_{ni}\}.$$

Результаты этого этапа оформляются в виде таблицы, куда заносятся наблюдаемые значения характеристик (в порядке их возрастания) по всем подходам, требующим применения СРДП (таблица 2).

Таким образом, итогом этого этапа является получение экспериментальных выборок случайных величин:

$$\tilde{B}_{nч} \text{ и } \tilde{L}_n,$$

характеризующих геометрические характеристики подходов.

Таблица № 2

Выборки значений геометрических характеристик участков
 автомобильной дороги, требующих применение СРДП

Наименование геометрических характеристик	Значение геометрических характеристик									
	1	2	3	4	5	6	7	8	<i>i</i>	<i>n</i>
Ширина проезжей части	$B_{nч1}$	$B_{nч2}$	$B_{nч3}$	$B_{nч4}$	$B_{nч5}$	$B_{nч6}$	$B_{nч7}$	$B_{nч8}$	$B_{nчi}$	$B_{nчn}$
Длина подходов	L_{n1}	L_{n2}	L_{n3}	L_{n4}	L_{n5}	L_{n6}	L_{n7}	L_{n8}	L_{ni}	L_{nn}

Этап 3. Установление вида закона распределения параметров участков автомобильной дороги, требующих применения СРДП.

С этой целью вся совокупность значений (таблица 2) каждой выборочной характеристики оформляется графически в виде гистограмм.

При построении гистограммы (рис.1), количество ее интервалов *k* должно быть существенно меньше, чем объем выборки *n*, но вместе с тем не слишком малым, чтобы гистограмма имела достаточно подробный профиль.

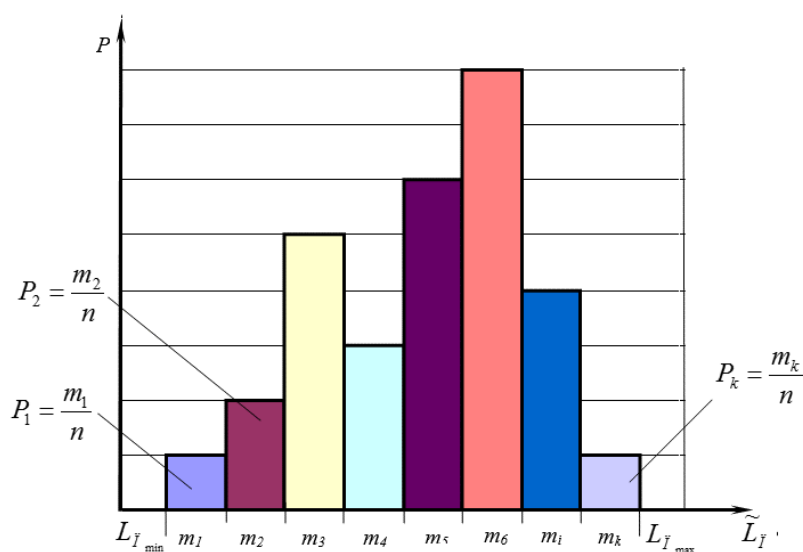


Рис. 1. – Принципы построения гистограммы совокупности значений каждой выборочной характеристики подходов

Интервалы разбиения следует выбирать так, чтобы каждый из них содержал «достаточно много» элементов выборки наблюдаемых значений подходов к мостам (участков и объектов на АД). Если в группах недостаточно большое число данных, то возможные случайные флуктуации их числа приводят к значительным искажениям реальной картины [10, 11].

Для расчета количества интервалов можно воспользоваться формулой

$$k \approx 1 + 3,22 \lg n ,$$

где n – количество наблюдаемых значений геометрических характеристик.

В этом случае длина интервала ℓ_n определяется по формуле:

$$\ell_n = \frac{L_{n\max} - L_{n\min}}{K} ,$$

Построение гистограмм геометрических характеристик строящихся участков автомобильной дороги, требующих применения СРДП, позволит установить вид закона распределения на основе применения теории статистической проверки и оценивания гипотез.

Процедура выбора критерия согласия выборочного и теоретического распределений строящихся участков автомобильной дороги, требующих применения СРДП, и сама процедура согласования на конкретном статическом материале выполняются по известным методикам и поэтому здесь не приводится.

По виду функции плотности закона распределения рассчитывается наиболее вероятное значение длины подхода (обхода) с требуемой надежностью.

Этап 4. Определение состава комплекта СРДП.

Определение количества плит в составе комплекта СРДП осуществляется исходя из установленных (рассчитанных) геометрических характеристик плиты и характеристик подходов к мосту:

$$N_{пл} = \frac{L_{подхода}}{2L_{плиты}}, \quad (1)$$

При этом следует указать, что данная формула предназначена для расчета состава комплекта при одностороннем движении. Это вызвано тем, что в подавляющем большинстве случаев строящихся участков автомобильной дороги с применением табельных средств осуществляется в однопутном варианте. В случаях, когда строительство ведется для пропуска движения одновременно в двух направлениях, потребуется применение двух комплектов СРДП, состав которых рассчитывается по формуле (1).

Этап 5. Обоснование комплекта запасных частей и принадлежностей комплекта СРДП.

Состав запасных частей, инструментов и принадлежностей комплекта СРДП должен рассчитываться исходя из необходимого перечня приспособлений для пакетирования плит при их погрузке, транспортировке и выгрузке, а также с учетом наличия резерва элементов стыковых устройств [12, 13].

Для определения количества плит в пакете $n_{пл}$ можно воспользоваться следующей зависимостью:

$$n_{пл} = \frac{V_{кузова}}{n_{пак} \cdot v_{пл}},$$

где V - объем кузова, $м^3$;

$n_{пак}$ - количество пакетов, шт;

$v_{пл}$ - объем плиты, $м^3$.

Количество плит в пакете $n_{пл}$ определяется исходя из требований к безопасности перевозки грузов, в соответствии с которыми груз не должен выступать за пределы грузовой платформы. Тогда величину $n'_{пл}$ можно определить по зависимости:

$$n'_{nl} = \frac{h_{\sigma op}}{h_{nl}},$$

где $h_{\sigma op}$ - высота борта автомобиля, см;

h_{nl} - толщина плиты, см.

Исходя из того, что на каждый пакет необходимо не менее четырех крепежных элементов, их общее количество в комплекте $n_{кр}$ можно определить по зависимости:

$$n_{кр} = 4 \cdot n.$$

Заключение

Таким образом, предложенный метод обоснования состава комплекта сборно-разборного дорожного покрытия позволяет рассчитать состав комплекта не только с учетом его массогабаритных характеристик, но и условий применения. Главным из этих условий является неопределенность длины участков автомобильной дороги, требующих применения СРДП. В отличие от существующих, предлагаемый метод позволяет снизить влияние неопределенности и получить состав комплекта, применение которого обеспечит строительство участка автомобильной дороги в наиболее вероятных условиях.

Литература

1. Афоничев Д.Н. Сборно-разборное покрытие автомобильной дороги с пневматическими стыковыми соединениями // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. 2011. № 5. С. 75-78.
2. Soczówka P., Źochowska R. Work zones and temporary traffic organization at roundabout-review of selected solutions // Roundabouts as Safe and Modern Solutions in Transport Networks and Systems: 15th Scientific and Technical Conference “Transport Systems. Theory and Practice 2018”, Katowice,

Poland, September 17-19, 2018, Selected Papers. Springer International Publishing, 2019. pp. 13-23.

3. Shtayat A., Moridpour S., Best B., Shroff A., Raol D. A review of monitoring systems of pavement condition in paved and unpaved roads // Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition). 2020. V. 7. № 5. pp. 629-638.

4. Кочерга В.Г., Зырянов В.В., Ланко А.В. Применение гидрофобизированных цементогрунтов в нижних слоях дорожной одежды // Инженерный вестник Дона, 2012, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/853.

5. Христофорова А.А., Филиппов С.Э., Гоголев И.Н. Разработка жестких покрытий карьерных дорог с применением активированной резиновой крошки // Инженерный вестник Дона, 2011, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2011/599.

6. Стородубцева Т.Н. Расчет сборно-разборных покрытий лесовозных автомобильных дорог из полимерпесчаного композиционного материала // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 4-2(9-2). С. 252-255.

7. Зорин М.В. История и перспективы развития сборно-разборных покрытий для лесных дорог и технологических коридоров // Вестник АГАТУ. 2022. № 3(7). С. 121-138.

8. Куницкая О.А. Перспективы развития нижних лесопромышленных складов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3, № 2-2(13-2). С. 246-249.

9. Базавлук В.А., Кузнецов Е.Ю. Уплотнение грунтов земляного полотна автомобильных дорог: теоретические основы и технологии. Томск: Печ мануфактура, 2006. 99 с.

10. Васильев К.А., Аверченко Г.А. Экспериментальное исследование процесса перемешивания асфальтобетонных смесей // Инновационные транспортные системы и технологии. 2022. Т. 8. № 4. С. 5-13.

11. Shevchenko S., Ukolov S., Simonov D. Design of modular removable road pavement slabs for the agro-industrial complex // E3S Web of Conferences. 2020. V. 13 URL: doi.org/10.1051/e3sconf/202017511025.

12. Ukolov S., Shevchenko S., Simonov D. Joint devices for modular removable road pavement slabs made of polymer materials for agribusiness // E3S Web of Conferences. 2020. V. 13. URL: doi.org/10.1051/e3sconf/202017511026.

13. Юстикова Л.Н., Симонова А.С., Трепалин В.А., Чумаков П.В. Применение современных способов регенерации дорожных покрытий // Материалы II Всероссийской научно-практической конференции «Инновации и долговечность объектов транспортной инфраструктуры (материалы, конструкции, технологии)» / под редакцией М.П. Клековкиной. 2020. С. 96-99.

References

1. Afonichev D.N. Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa. Lesnoy vestnik. 2011. № 5. pp. 75-78.

2. Soczówka P., Żochowska R. Roundabouts as Safe and Modern Solutions in Transport Networks and Systems: 15th Scientific and Technical Conference “Transport Systems. Theory and Practice 2018”, Katowice, Poland, September 17-19, 2018, Selected Papers. Springer International Publishing, 2019. pp. 13-23.

3. Shtayat A., Moridpour S., Best B., Shroff A., Raol D. Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition). 2020. V. 7. № 5. pp. 629-638.

4. Kocherga V.G., Zyryanov V.V., Lanko A.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/853.

5. Khristoforova A.A., Filippov S.E., Gogolev I.N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2011, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2011/599.



6. Storodubtseva T.N. Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika. 2014. V. 2, № 4-2(9-2). pp. 252-255.
7. Zorin M.V. Vestnik AGATU. 2022. № 3(7). pp. 121-138.
8. Kunitskaya O.A. Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika. 2015. V. 3, № 2-2(13-2). pp. 246-249.
9. Bazavluk V.A., Kuznetsov E.Yu. Uplotnenie gruntov zemlyanogo polotna avtomobil'nykh dorog: teoreticheskie osnovy i tekhnologii [Compaction of the soil of the roadbed: theoretical foundations and technologies]. Tomsk: Pech manufaktura, 2006. 99 p.
10. Vasil'ev K.A., Averchenko G.A. Innovatsionnye transportnye sistemy i tekhnologii. 2022. V. 8. № 4. pp. 5-13.
11. Shevchenko S., Ukolov S., Simonov D. E3S Web of Conferences. 2020. V. 13 URL: doi.org/10.1051/e3sconf/202017511025.
12. Ukolov S., Shevchenko S., Simonov D. E3S Web of Conferences. 2020. V. 13. URL: doi.org/10.1051/e3sconf/202017511026.
13. Yustikova L.N., Simonova A.S., Trepalin V.A., Chumakov P.V. Materialy II Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Innovatsii i dolgovechnost' ob"ektov transportnoy infrastruktury (materialy, konstruktsii, tekhnologii)». Pod redaktsiey M.P. Klekovkinoy. 2020. pp. 96-99.