

Ремонт многополосных городских магистралей в условиях движения транспортных потоков

С.В. Алексиков, И.А. Данилов, А.И. Лескин, Д.И. Гофман

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация: В статье выполнен анализ особенностей организации и технологии ремонта многополосных городских дорог в условиях непрерывного движения городского транспорта. Обоснованы технологические параметры ремонта асфальтобетонных покрытий с учетом неоднородности температуры и специфики уплотнения горячих смесей.

Ключевые слова: многополосные магистрали, городские дороги, ремонт покрытий, проезжая часть, асфальтобетонное покрытие, дефекты.

Ремонт городской улично-дорожной сети (далее УДС) имеет свою специфику. На организацию строительных работ влияют: длина ремонтируемого участка УДС, «ямочность» существующей проезжей части, высокий уровень загрузки улицы движением городского транспорта, ширина проезжей части дороги [1 - 3].

Протяженность ремонтируемого участка городской дороги влияет на технологию и организацию ремонтных работ [1, 3]:

- при длине участка до 100 м, ремонт выполняется небольшими картами или производятся аварийные ремонты;
- при длине участка от 200 до 300 м, ремонт выполняется большими картами;
- при длине участка более 300 м, как правило, выполняется капитальный ремонт проезжей части.

Анализ статистики ремонта улично-дорожной сети г. Волгограда показывает, что работы преимущественно производятся на участках до 1000 м. (рис.1). Ремонт верхнего слоя покрытия проезжей части преимущественно выполняется горячим плотным асфальтобетоном типа Б (59,8%), в нижнем слое - крупнозернистым пористым асфальтобетона марки 3 (38%). Литой

асфальтобетон и ЩМА используются ограниченно (23,8%). Общая толщина покрытия не более 7 см [1].

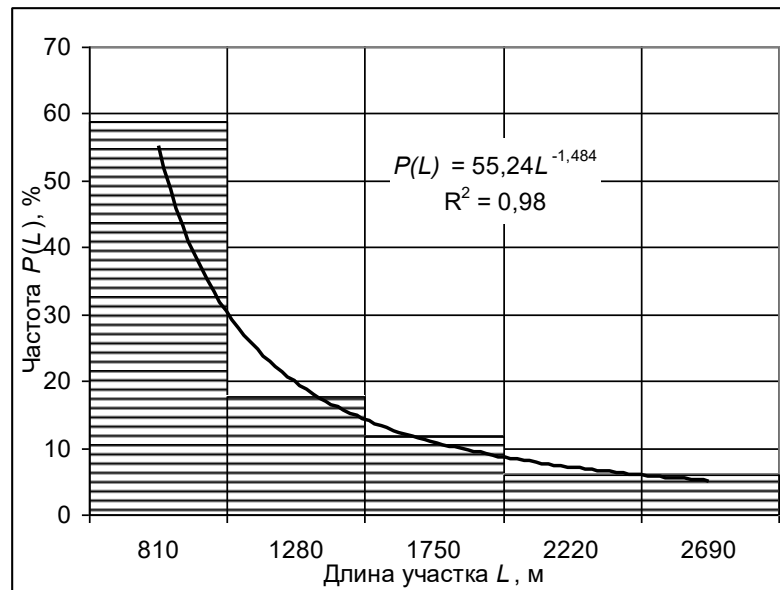


Рис.1. – Гистограмма протяженности ремонтируемых участков УДС

Улично-дорожная сеть г. Волгограда до 50% представлена 2-х полосными улицами с шириной асфальтобетонного покрытия 6-9 м. Магистральные улицы с регулируемым движением имеют ширину асфальтобетонного покрытия более 12 м и число полос движения не менее 6-ти (рис. 2). Поэтому, при ремонте проезжей части, ширина укладки смеси выполняется в пределах одной полосы движения (3,5-4,0 м), с одновременным пропуском городского транспорта по параллельной (свободной) полосе движения.

При многополосной укладке смеси, на стыке смежных полос, наблюдается интенсивное остывание материала, как следствие, недостаточное уплотнение полуфабриката. Через 2-3 года после ремонта, асфальтобетон начинает выкрашиваться и разрушаться в виде продольного шва протяженностью до 250 м и более. (рис. 3). Данные деформации опасны тем, что при попадании влаги в шов, появляется риск образования новых, более существенных разрушений полотна асфальтобетона, таких, как ямы и выбоины.

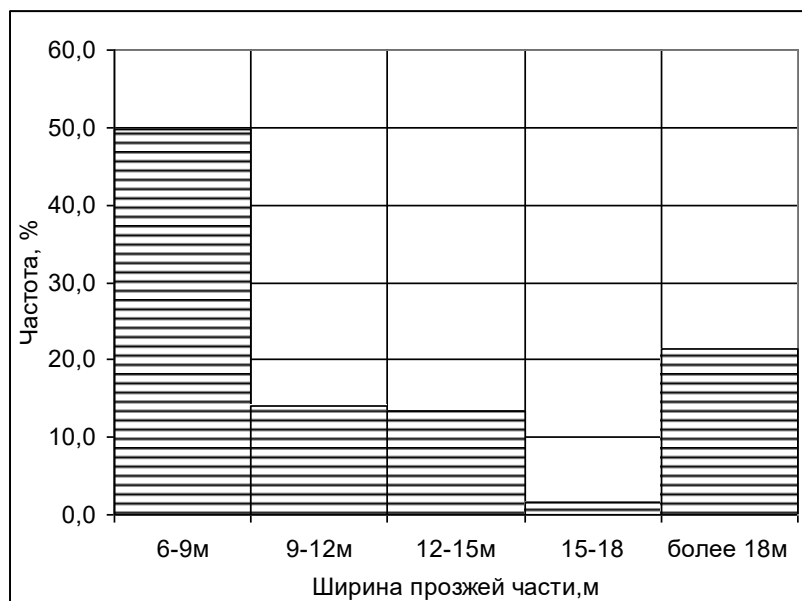


Рис. 2. - Гистограмма ширины проезжей части городских дорог
г.Волгоград



Рис. 3. - Продольные швы на проезжей части магистрали в г. Волгоград

Производственный опыт и исследования [1] показывают, что для достижения нормативной плотности горячей смеси на стыке необходимо:

- укладку смеси выполнять толщиной H , превышающей толщину h смежной полосы существующего покрытия на величину осадки горячей смеси при ее укатки дорожными катками [1];
уплотнять смесь следует начинать с частичным захватом покрытия смежной полосы [3].

Толщина укладки рыхлой горячей смеси зависит от ее типа и работы укладчика:

$$H = 1,09 \cdot \frac{h\mu^{0,08}}{K_{yo}^{1,477}}, \quad (1)$$

где K_{yo} - коэффициент начального уплотнения рыхлой смеси (таблица 1);
 μ - коэффициент, характеризующий деформирование асфальтобетонной смеси при ее укладке (для щебенистых асфальтобетонных смесей 0,20-0,25; для малощебенистых смесей 0,25-0,30; для песчаных смесей 0,30-0,35).

Таблица № 1

Зависимость коэффициента начального уплотнения рыхлой смеси от режима ее укладки ([1])

| Режим работы асфальтоукладчика | Коэффициент начального уплотнения рыхлой смеси |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1 | 2 |
| Работа укладчика без трамбуемого бруса | 0,75 - 0,80 |
| С трамбуемым малоэффективным брусом и статической выглаживающей плитой | 0,84 - 0,87 |
| С трамбуемым одинарным брусом и выглаживающей вибрационной плитой | 0,90 - 0,92 |
| С трамбуемым двойным брусом и выглаживающей вибрационной плитой | 0,94 - 0,97 |

Таким образом, асфальтоукладчик с двойным трамбуемым брусом и выглаживающей вибрационной плитой будет обеспечивать наибольшую толщину укладки.

Рекомендуемые для проведения работ частоты колебания рабочих органов и скорость укладчика в зависимости от температуры укладываемой асфальтобетонной смеси, а также от типа смеси, указаны в таблице 2.

Таблица № 2

Рекомендуемые режимы работы рабочих органов асфальтоукладчика

| Тип а/б смеси | Температура укладываемой смеси, °С | Частота колебания, уд/мин | | Скорость асфальтоукладчика, м/мин |
|---------------------|------------------------------------------|---------------------------|-------------|-----------------------------------------|
| | | трамбующего бруса | виброплиты | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| А | 120 - 100 | 600 - 420 | 3000 - 2500 | 2,5 - 1,7 |
| или Б | 140 - 130 | 840 - 660 | То же | 3,0 - 2,2 |

Свыше 40% УДС г. Волгограда не соответствуют требованиям (нормативным) по дефектам и ровности покрытия (рис.1). Характерными дефектами являются: сетка трещин, выбоины, колейность, разрушенные продольные швы сопряжения полос укладки смеси. Наиболее опасным дефектом покрытия являются выбоины, которые одновременно влияют на ровность нового покрытия после ремонта. Игнорирование ремонта выбоин перед началом укладки смеси на старое покрытие приводит к появлению локальных просадок проезжей части после ремонта. Поэтому, перед укладкой новой смеси следует выполнять ямочный ремонт покрытия. Условием достижения нормативной плотности смеси является однородность ее температуры и плотности по объему выбоины. Укладку и уплотнение материала следует выполнить в течение 10-20 мин, толщиной, превышающей глубину выбоины на величину осадки (1), при последующем уплотнении виброплитой за 3-4 проходах по следу [4-6].

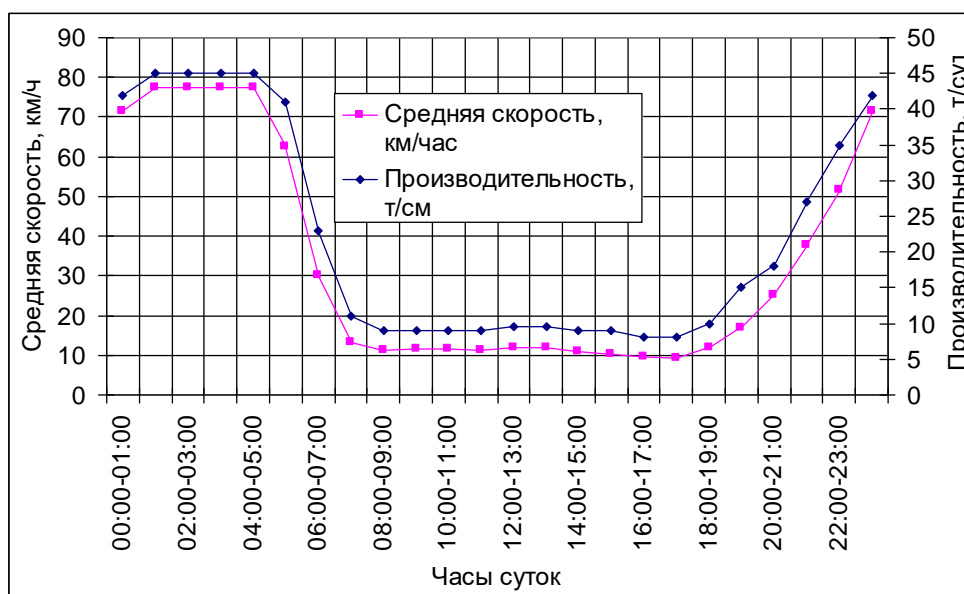


Рис. 4. - Изменение скорости и производительности КаМАЗ-5511 при перевозке смеси на 30 км

Уровень «пиковой» загрузки городских дороги транспортом достигает 95-100% от пропускной способности. В местах выполнения ремонтных работ на дорогах образуются заторы». Низкая скорость и простои на перекрестках способствуют снижению скорости автосамосвалов (рис. 4). Время перевозки горячей смеси с асфальтобетонного завод на объект увеличивается. Для повышения производительности автосамосвалов, сокращения времени на доставку горячей смеси, дорожные работы следует производить в период с 21 до 5 часов.

Ремонт дорог выполняется в условиях движения городских транспортных потоков. Перекрытие полос движения приводит к организации пропуска городского транспорта свободной от ремонта проезжей частью [7]. Исследования [8] показывают, что сужение ширины проезжей части на 10-50% увеличивает уровень загрузки УДС в зоне ее ремонта до 95-100%, снижает скорости проезжающего транспорта в 2,5-3 раза, увеличивает себестоимость транспортных перевозок до 60% и вероятность ДТП до 25%. Установлено, что на себестоимость транспортных перевозок городским

транспортом существенно влияют длина ремонтируемой УДС и продолжительности СМР. При увеличении протяженности участка ремонта дороги в 2 раза, себестоимость перевозок (далее $\mathcal{E}_{ат}$) возрастает на 30%. Сокращение сроков производства работ в 1,2 раза снижает себестоимость перевозок на 20%. Чрезмерные транспортные затраты на участках ремонта УДС требуют максимального сокращения сроков выполнения работ. Одновременно, протяженность захватки (l_3) должна быть достаточной для бесперебойной и слаженной работы звена укладчик - катки в нормативном (допустимом) температурном интервале остывающей асфальтобетонной смеси [8-10]. Дороги следует ремонтировать при 2-3-х сменном режиме работы с использованием выходных дней. При этом следует минимизировать количества сменных захваток, т.е. к сокращать фронт ремонтных работ.

Протяженность фронта работ (захватки) следует назначать по условию минимизации внутрисменных простоев машин и, соответственно, строительных затрат $C_{стр}$ на погонный метр покрытия:

$$C_{стр} = \frac{\sum_{q=1}^n \sum_{j=1}^m \dot{C}_{qj} M_{qj} t_{qj}}{B \cdot l_3} \rightarrow \min \quad (2)$$

где \dot{C}_{qj} - стоимость машино-смены различных типов q и марок j машин, руб/ч; t_{qj} - время работы в течение смены машин типа q и марки j ; M_{qj} - количество машин типа q марки j в составе механизированного звена; m - число марок машин в составе звена; B - ширина укладки асфальтобетона в покрытии (ширина полосы укладки), м; .

Исследования [1, 3] показывают, что оптимальная длина фронта работ (сменная захватка) изменяется от 150 до 400 м. Минимальный фронт работ (в холодный период времени) должен обеспечить согласованную работу асфальтоукладчика и катков, изменяется в пределах 20-30 м. Максимальный

фронт работ в жаркий период года и невысокой интенсивности движения транспорта до 500 м [1].

Удельная себестоимость транспортных перевозок ($\mathcal{E}_{ат}$) интенсивно снижается при увеличении длины фронта работ до 200-250 м/см (в зависимости от интенсивности движения городского транспорта) и далее практически не меняется [1].

Оптимальный фронт работ должен назначаться по условию минимизации совокупных затрат:

$$\mathcal{E}_{ат} + C_{стр} \rightarrow \min, \quad (3)$$

Исследования позволяют сделать следующие выводы:

– ремонт городских дорог производится, как правило, в условиях одновременного движения городского транспорта. Перекрытие приводит к движению транспорта по свободной части проезжей части (по смежным полосам) или в объезд ремонтируемой дороги. Сокращение ширины проезжей части на 10-50% увеличивает уровень загрузки участка улицы движением транспорта до 95-100%. Зона влияния ремонтируемого участка на движение транспорта достигает 200 ... 500 м. Средняя скорость городского транспорта снижается в 2,5-3 раза и повышается вероятность дорожно-транспортных происшествий до 25%. Себестоимость перевозок увеличивается в 1,5-6 раза;

– высокие транспортные издержки в зоне ремонта требуют минимизации фронта работ и сроков их выполнения. Дороги следует ремонтировать при 2-3-х сменном режиме работы с использованием выходных дней. При этом следует минимизировать количества сменных захваток, т.е. сокращать фронта ремонтных работ. Оптимальная длина фронта работ (сменная захватка) изменяется от 150 до 400 м. Минимальный фронт работ (в холодный период времени) должен обеспечить согласованную работу

асфальтоукладчика и катков, изменяется в пределах 20-30 м. Максимальная длина фронта работ в жаркий период года и невысокой интенсивности движения городского транспорта - до 500 м.

Литература

1. Абдулжалилов О. Ю., Алексиков С. В., Карпушко М. О. Укладка горячих асфальтобетонных смесей при ремонте покрытий городских дорог. Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2010. Вып. 17. С. 35-42.

2. Туркова А.Ю., Сатюков А.Б., Гончаров В.О. Современные методы и средства ямочного ремонта дорожных покрытий. Тенденции развития науки и образования. 2017. № 23-3. С. 33-35

3. Зубков А.Ф., Однолько В.Г., Евсеев Е.Ю. Технология ремонта дорожных покрытий автомобильных дорог с применением горячих асфальтобетонных смесей. Москва. Издательский дом «Спектр». 2013. – 180 с.

4. Aleksikov S. V., Yermilov A. A. Comparative assessment of uniformity of compaction of asphalt concrete surfaces of city roads at various operating modes of compactors. Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction. 2014. Vol. 24. P.48-57.

5. Зубков, А. Ф. Анализ применения вибрационных плит при ремонте дорожных покрытий нежесткого типа. Механизация строительства. 2011. № 6. С. 28-31.

6. Костельов, М. П. Современные методы и средства ямочного ремонта дорожных покрытий. Дорожная Техника. 2001. № 5. С. 56-59.

7. Ермилов А. А., Алексиков С. В. Однородность виброуплотнения асфальтобетонных покрытий при ремонте городских дорог. Вестник

Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. - 2014. Вып. 35 (54). С. 171-176.

8. Чванов В.В. Методы оценки и повышения безопасности дорожного движения с учетом условий работы водителя. Москва. ИНФРА-М. 2010. 416с.

9. Девятов М.М., Тянь В.Ю., Журавлев А.В. Методика оптимизации процесса проектирования дорожных одежд с использованием асфальтогранулята // Инженерный вестник Дона. 2021. №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2021/7044.

10. Филатова А.В., Чуприн А.С., Ворожеев А.П. Природные факторы, учитываемые при реконструкции автодорог // Инженерный вестник Дона. 2021. №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/7007.

References

1. Abdulzhalilov O. Ju., Aleksikov S. V., Karpushko M. O. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Ser.: Stroitel'stvo i arhitektura. 2010. Vyp. 17 (36). P. 35-42.

2. Turkova A.Ju., Satjukov A.B., Goncharov V.O. Sovremennye metody i sredstva jamochnogo remonta dorozhnyh pokrytij. Tendencii razvitija nauki i obrazovanija. 2017. № 23-3. P. 33-35.

3. Zubkov A.F., Odnol'ko V.G., Evseev E.Ju. Tehnologija remonta dorozhnyh pokrytij avtomobil'nyh dorog s primeneniem gorjachih asfal'tobetonnyh smesej [Technology of repairing road surfaces using hot asphalt mixtures]. Moskva. Izdatel'skij dom «Spektr». 2013. 180 p.

4. Aleksikov S. V., Yermilov A. A. Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction. 2014. Vol. 24. P.48-57.

5. Zubkov A. F. Mehanizacija stroitel'stva. 2011. № 6. P. 28 – 31.



6. Kostel'ov, M. P. Sovremennye metody i sredstva jamochnogo remonta dorozhnyh pokrytij. Dorozhnaja Tehnika. 2001. № 5. P. 56-59.

7. Ermilov A. A., Aleksikov S. V. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Ser.: Stroitel'stvo i arhitektura. 2014. Vyp. 35. P. 171-176.

8. Chvanov V.V. Metody ocenki i povysheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizhenija s uchetom uslovij raboty voditelja[Methods to assess and improve road safety, taking into account the driver's working conditions]. Moskva. INFRA-M. 2010. 416p.

9. Devjatov M.M., Tjan V.Ju., Zhuravlev A.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2021. №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2021/7044.

10. Filatova A.V., Chuprin A.S., Vorozheev A.P. Inzhenernyj vestnik Dona. 2021. №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/7007.