



УДК 625.08

**Габдуллин Талгат Ривгатович**

кандидат технических наук, доцент

E-mail: talgat2204@mail.ru

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

## Совершенствование способа нанесения сплошной линии дорожной разметки

### Аннотация

*Постановка задачи.* Цель исследований – совершенствование рабочего процесса нанесения сплошной линии (типы линий 1.1, 1.2.1, 1.3 и др. в соответствии с ГОСТ Р 51256-2014) дорожной разметки, направленное на повышение сроков эксплуатации сплошной линии дорожной разметки и снижение финансовых затрат при выполнении указанных работ.

*Результаты.* Основные результаты исследования заключаются в предложении более совершенного способа нанесения сплошной линии дорожной разметки на основе применения спроектированного фрезерного оборудования, создающего канавку под разметку, а также незначительной модернизации шнека рабочего органа существующей дорожно-разметочной машины КОНТУР-700ТП. В результате обеспечивается повышение подачи горячего термопластика при нанесении дорожной разметки в предварительно отфрезерованную канавку глубиной 5...7 мм и, тем самым, гарантированное повышение сроков эксплуатации нанесенной разметки.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для дорожно-строительной отрасли состоит в разработке нового способа нанесения сплошной линии дорожной разметки и нового фрезерного оборудования к дорожно-разметочной машине. Установлено, что нанесенная предлагаемым способом сплошная линия дорожной разметки является более долговечным в эксплуатации, а сам способ экономически выгоднее, чем применяемые способы нанесения дорожной разметки.

**Ключевые слова:** дорожная разметка, дорожное покрытие, оборудование, шнек, рабочий орган, качество, способ, эффективность.

### Введение

Разметка – это элемент безопасности дорожного движения, предназначенная для упорядочивания потока транспортных средств [1]. В настоящее время на автомобильных дорогах как России, так и других стран дорожная разметка наносится в основном двумя видами материалов: различными красками – обычными разметочными, двухкомпонентными красками, высокопрочными и водорастворимыми и пластиками – двухкомпонентными спрей-пластиками (рис. 1), термопластиком, двухкомпонентными холодными пластиками и др. [2].



Рис. 1. Двухкомпонентная разметочная машина

Нанесенная краской разметка при высокой интенсивности дорожно-транспортного потока истирается практически полностью в течение одного-двух месяцев (рис. 2). Мониторинг в течение нескольких лет и анализ состояния дорожных разметок из различных материалов на дорогах г. Казани показал, что разметка нанесенная горячим термопластиком является наиболее долговечным, соответственно, более актуальным и экономически целесообразным.



Рис. 2. Дорожная разметка, нанесенная краской:  
а) первоначальное состояние разметки; б) разметка после двух месяцев эксплуатации

Термопластик, нанесенный на сухое и чистое дорожное покрытие в горячем виде с полным соблюдением технологии, является стойким к трещинам, устойчив к резким температурным перепадам, выдерживает разрушающие воздействия техногенных и климатических условий и служит в восемь и более раз дольше, чем разметка нанесенная краской [1].

В ходе проведенных наблюдений за автомобильной дорожной сетью г. Казани, были замечены главные, на наш взгляд, следующие основные две причины износа дорожных разметок, нанесенных горячим термопластиком – отслоение и истирание.

Отслоение и истирание происходит по нескольким причинам:

- из-за некачественного сцепления термопластика с асфальтовым дорожным покрытием;
- истирание и отслоение под воздействием интенсивности и характера движения (ускорение, торможение, поворот, воздействие шипованных резин) транспортных средств всех типов, а также в процессе работы машин для летнего и зимнего содержания автомобильных дорог;
- из-за влияния негативных атмосферных факторов и воздействия колес транспортных средств.

#### **Постановка задачи.**

В настоящее время горизонтальные линии дорожной разметки наносятся следующими хорошо известными способами: гидравлический (безвоздушный), гравитационный, пневматический (аэрозольный), спрей-способ и экструдерный. Содержание рабочего процесса нанесения дорожной разметки у перечисленных способов отличается, но концепция нанесения у всех единая – нанесение разметочного материала на поверхность дорожного покрытия.

В целях повышения долговечности разметки нами предлагается новый способ ее нанесения, состоящий из нескольких этапов.

На первом этапе на поверхности дорожного покрытия необходимо прорезать канавку глубиной до 5...7 мм для нанесения на нее разметочного материала.

На втором этапе производится непосредственное нанесение разметочного материала. С этой целью были:

- 1) спроектировано оборудование для фрезерования канавок под дорожную разметку;

2) для повышения объема подачи термопластика усовершенствован шнек экструдерного рабочего органа существующей дорожно-разметочной машины.

### **Оборудование для фрезерования разметочных канавок**

Оборудование для фрезерования канавок сплошных линий дорожной разметки работает следующим образом. Сначала при помощи диска режется слой асфальта глубиной до 10...15 мм, обеспечивая ровность стенок канавки под разметку, исключая не нужные разрушения асфальта пристеночной зоны канавки. Далее фреза снимает слой асфальта глубиной до 5...7 мм. Благодаря этому, нанесенная разметка будет иметь один уровень с дорожным полотном, а после фрезерования поверхность углубления становится шероховатой, что приводит к улучшению адгезии (сцепляемости) между нанесенным термопластиком и асфальтовым покрытием. Срезанный слой дорожного покрытия удаляется с помощью специального пылевсасывающего аппарата IVR-B 50/30 (как возможный вариант) (рис. 3) с небольшой доработкой – увеличения контейнера (мусоросборника), который рассчитан на интенсивную промышленную эксплуатацию. Спроектированный компанией Ringler, данный аппарат представляет собой компактный промышленный пылесос малой габаритной высоты, идеально подходящий для интеграции в технологическое оборудование предприятий, занимающихся обработкой металлов, пластмасс и других видов отходов. Долговечная всасывающая турбина с боковым каналом гарантирует непрерывную эксплуатацию пылесоса (например, в составе технологической линии).



Рис. 3. Общий вид всасывающего аппарата IVR-B 50/30

Для привода рабочих органов был выбран гидромотор МГП-100 (рис. 4), имеющий следующие технические характеристики. Рабочий объем этого гидромотора 100,0 см<sup>3</sup> с частотой вращения (нормальной/минимальной/максимальной) 276,0/10,2/650,0 об./мин. Объемный расход – 30 л/мин (500 см<sup>3</sup>/с). Вес 10,0 кг. Гидромоторы данного типа успешно применяются в гидросистемах дорожно-строительных машинах и на машинах сельскохозяйственного назначения в качестве привода активных рабочих органов.



Рис. 4. Общий вид гидромотора МГП-100

На заключительном этапе на сухую и очищенную поверхность наносится усиленный термопласт со светоотражающими стеклошариками. Такая технология нанесения дорожной разметки обеспечивает срок ее службы до трех-четырех лет в зависимости от

интенсивности дорожного движения и климатических условий. При этом обеспечивается достаточная видимость дорожной разметки в темное время суток. Соответственно не нужно будет снимать старую, и наносить новую разметку в каждый новый сезон.

Общий вид в разрезе спроектированного оборудования для фрезерования канавок под дорожную разметку приведен на рис. 5.

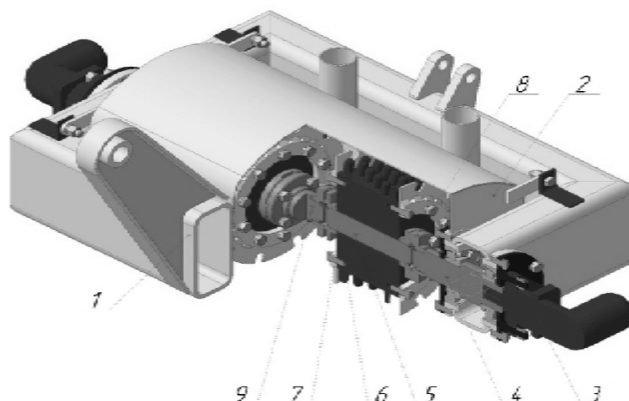


Рис. 5. Проектируемое фрезерное оборудования в разрезе:  
1 – рама; 2 – защитная крышка; 3 – гидромотор МГП 100; 4 – вал, 5 – вал средний; 6 – фреза;  
7 – диск-фаскосъемник; 8 – муфта; 9 – переходной вал

Надежность конструкции рамы (рис. 6) была проверена в системе прочностного анализа APM FEM [5].

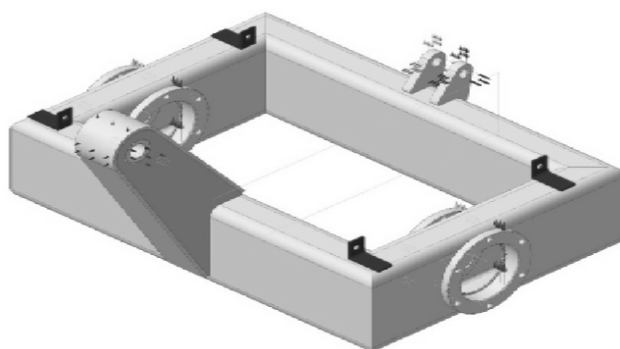


Рис. 6. Общий вид рамы

В системе прочностного анализа APM FEM в целях оптимизации металлоемкости и себестоимости конструкции были проведены исследования на подбор марки стали и толщины стенки конструкции, исходя из воздействующих на неё нагрузок. В качестве сравниваемых, были взяты трубы ГОСТ 8645-68180×80 толщиной стенок от 4-х до 16 мм из стали марки 09Г2С и Ст20 исходя из их широкой применяемости в машиностроении.

Анализ расчетов в системе прочностного анализа APM FEM (табл.) показывает, что для изготовления рамы предлагаемой конструкции оптимальным является вариант № 5 из стали 09Г2С и толщиной стенки 8 мм. Данная рама в надежной степени выдерживает максимальные напряжения в 200 МПа, при этом максимальный прогиб рамы не превышает 0,75 см. Учитывая, что предел текучести стали марки 09Г2С равен 320 МПа, делаем вывод, что рама имеет запас прочности в 1,6.

Данный запас прочности полностью удовлетворяет требованиям к металлоконструкциям. Дальнейшее увеличение запаса прочности является не рентабельным и приводит к повышению металлоемкости конструкции и к удорожанию конструкции в целом.

Таблица

## Результаты исследования конструкции

Сравнимые величины металла	Варианты исследований									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Толщина стенок рамы	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16
Максимальные напряжения (МПа)	500	400	320	280	200	180	165	150	120	100
Максимальные прогибы (см)	1,68	1,4	1,12	0,984	0,75	0,71	0,68	0,62	0,58	0,54
Марка стали рамы	09Г2С	09Г2С	09Г2С	09Г2С	09Г2С	Ст20	Ст20	Ст20	Ст20	Ст20
Предел текучести стали (МПа)	320	320	320	320	320	240	240	240	240	240
Запас прочности	0,6	0,8	1	1,1	1,6	1,3	1,45	1,6	2	2,4

Также были проведены в соответствии с [2] расчеты рамы на жесткость и болтов на срез. Подбор необходимых подшипников производился по диаметру приводного вала фрезы.

Предлагаемое фрезерное оборудование можно достаточно легко установить на существующую машину для нанесения дорожной разметки «Контур 700 ТП» (рис. 5). Данная машина является наиболее применяемой при нанесении дорожных разметок на автомобильных дорогах г. Казани и РТ в целом.



Рис. 5. Общий вид дорожно-разметочной машины Контур 700ТП

Штатный рабочий орган данной машины обеспечивает нанесение термопластика слоем до 5 мм при рабочей скорости машины 3...4 км/час. Дорожно-разметочная машина «Контур 700 ТП» имеет рабочий орган, работающий экструдерным методом, т.е. термопластик наносится путем его подачи через щелевые отверстия в экструдере под давлением, создаваемым шнековым механизмом. Повышение скорости нанесения с одновременным повышением объема подачи горячего термопластика для полного заполнения им отфрезерованной разметочной канавки требует незначительной модернизации шнека рабочего органа машины. Для решения данной задачи были произведены все необходимые расчетно-графические работы для модернизации штатного рабочего органа машины, включающие расчет шнекового конвейера с определением требуемого диаметра винта шнека по формуле [2, 3]:

$$D = 0,275 \frac{Q}{E \cdot n \cdot \varphi \cdot \rho_n \cdot R_\beta};$$

где  $D$  – диаметр винта, м;

$Q$  – расчетная производительность конвейера (2 т/ч при непрерывной круглосуточной работе);

$E$  – отношение шага винта к его диаметру (для неабразивных грузов  $E = 0,4$ );

$n$  – частота вращения винта, об./мин;

$\rho_n = 1000 \text{ кг/м}^3 = 1 \text{ т/м}^3$  – насыпная плотность груза;

$R_\beta$  – коэффициент уменьшения производительности от наклона конвейера;

$\varphi$  – коэффициент заполнения желоба.

### Заключение

Внедрение в дорожную отрасль нанесения сплошной дорожной разметки предлагаемым способом позволит повысить долговечность эксплуатации разметочной сети. Нанесенные подобным образом сплошная разметка может без видимых повреждений эксплуатироваться в течение 3...4 лет, т.е. весь период гарантийной эксплуатации заключительного слоя дорожного покрытия. При работе с предлагаемыми фрезерным оборудованием и модернизированной рабочим органом скорость выполнения работ по нанесению разметки может быть увеличена без ущерба качеству выполняемых работ. С учетом сокращения объемов выполняемых ежегодно работ сокращаются в совокупности все виды затрат – временные затраты, эксплуатационные и затраты на ГСМ, заметно экономится фонд заработной платы [9]. Таким образом, внедрение и применение разработанного способа нанесения дорожной разметки открывает новые возможности и является весьма перспективным для дорожно-строительной отрасли.

**Внедрение.** Торгово-производственная компания ООО «Фирма АВТОГАЗ» (г. Казань) проявила интерес к разработке фрезерного оборудования для дорожно-разметочной машины КОНТУР-700ТП. Результаты натурных испытаний ожидаются в ходе выполнения дорожно-разметочных работ в 2018 году.

### Список библиографических ссылок

1. Васильев А. П. Эксплуатация автомобильных дорог. М. : Академия, 2010. 320 с.
2. Пугин К. Г., Юшков В. С. Современные материалы нанесения дорожной разметки : мат. международной научно-практической конференции «Проблемы функционирования систем транспорта» г. Тюмень 18-19 ноября 2010 г. С. 275–278.
3. Александров А. В., Потапов В. Д., Державин Б. П. Сопротивление материалов 7-е изд. М. : Высшая школа, 2009. 560 с.
4. Горбачев А. Г. Современные методы расчета ПТМ на прочность, выносливость и долговечность при курсовом и дипломном проектировании. Свердловск : УПИ, 2016. 68 с.
5. Шелофаст В. В., Чугунова Т. Б. Основы проектирования машин. Пример решения задач. М. : АПМ, 2004. 240 с.
6. Шарпов Р. Р., Уваров В. А., Орехова Т. Н. Теория наземных транспортно-технологических машин / БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2014. 160 с.

7. Габдуллин Т. Р. Нанесение дорожной разметки на влажное дорожное покрытие // Известия КГАСУ. 2016. № 1 (35). С. 240–246.
8. Габдуллин Т. Р., Земдыханов М. М. Разработка демаркировщика с гидродинамическим рабочим органом кавитационного типа // Известия КГАСУ. 2014. № 4 (30). С. 464–469.
9. Абрамов А. Т. Экономическое обоснование инженерных задач в дипломных проектах. Барнаул : АГАУ, 2002. 68 с.
10. Габдуллин Т. Р. К вопросу совершенствования нанесения дорожной разметки // Известия КГАСУ. 2017. № 2 (40). С. 281–287.
11. David J. I. White, Pavana K. R. Vennapusa, Mark J. Thompson. Validation of Intelligent Technology, Department of Transportation Federal Highway Administration. 2012. P. 12.
12. Sakharov R. L., Nikolaeva R. V., Gatiyatullin M. H., Makhmutov M. M. Modeling the dynamics of the chassis of construction machines // Journal of Physics: Conference Series. 2016. T. 738. № 1. С. 012119.
13. Hunter R. F. Asphalt in road construction. London, United Kingdom : ICE Publishing, 2014. 588 p.

**Gabdullin Talgat Rivgatovich**

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: [talgat2204@mail.ru](mailto:talgat2204@mail.ru)

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

**On the issue of improving road marking methods****Abstract**

*Problem statement.* The purpose of the research is to improve the working process for drawing a solid line (types of lines 1.1, 1.2.1, 1.3, etc. in accordance with GOST R 51256-2014) road marking aimed at increasing the lifetime of a continuous line of road marking and reducing the financial costs for the implementation of these works.

*Results.* The main results of the study are to offer a more advanced method of applying a continuous line of road marking based on the use of designed milling equipment that creates a groove for marking, as well as a minor modernization of the auger screw of the existing road-marking machine KONTUR-700TP. As a result, the hot thermoplastic feed is increased when the road marking is applied to a pre-milled groove with a depth of 5...7 mm and, thereby, a guaranteed increase in the life of the applied marking.

*Conclusions.* The significance of the results obtained for the road construction industry is to develop a new method for applying a continuous line of road marking and new milling equipment to a road marking machine. It is established that the continuous line of road marking applied by the proposed method is more durable in operation, and the method itself is more economical in comparison with the applied ways of applying road marking.

**Keywords:** road marking, road surface, equipment, auger, working element, quality, method, efficiency.

**References**

1. Vasilyev A. P. Operation of highways. M. : Academy, 2010. 320 p.
2. Pugin K. G., Yushkov V. S. Modern materials of road marking application // Materials of the international scientific and practical conference «Problems of the functioning of transport systems», Tyumen, November 18-19, 2010. P. 275–278.
3. Alexandrov A. V., Potapov V. D., Derzhavin B. P. Strength of Materials 7<sup>th</sup> ed. M. : Higher School, 2009. 560 p.
4. Gorbachev A. G. Modern methods of calculating machines for strength, endurance and durability at course and degree designing. Sverdlovsk : UPI, 2016. 68 p.

5. Shelofast V. V., Chugunova T. B. Fundamentals of machine design. Example of solving problems. M. : Publishing House of the TMA, 2004. 240 p.
6. Sharapov R. R., Uvarov V. A., Orekhova T. N. Theory of land transport-technological machines / BSTU them. V.G. Shukhova. Belgorod, 2014, 160 p.
7. Gabdullin T. R. Road marking on wet coating // Izvestiya KGASU. 2016. № 1 (35). P. 240–246.
8. Gabdullin T. R., Zemdihanov M. M. Development of the machine to remove the markup with hydrodynamic cavitation working body type // Izvestiya KGASU. 2014. № 4 (30). P. 464–469.
9. Abramov A. T. Economic justification of engineering problems in the graduation projects. Barnaul : ASAU, 2002. 68 p.
10. Gabdullin T. R. To the question of improving the application of road marking // Izvestiya KGASU. 2017. № 2 (40). P. 281–287.
11. David J. I. White, Pavana K. R. Vennapusa, Mark J. Thompson. Validation of Intelligent Technology, Department of Transportation Federal Highway Administration. 2012. P. 12.
12. Sakhapov R. L., Nikolaeva R. V., Gatiyatullin M. H., Makhmutov M. M. Modeling the dynamics of the chassis of construction machines // Journal of Physics: Conference Series. 2016. T. 738. № 1. C. 012119.
13. Hunter R. F. Asphalt in road construction. London, United Kingdom : ICE Publishing, 2014. 588 p.