



УДК 625.08

Габдуллин Т.Р. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: talgat2204@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

К вопросу совершенствования методов нанесения дорожной разметки

Аннотация

Постановка задачи. Целью исследований было совершенствование рабочего процесса нанесения дорожной разметки, направленное на снижение временных и финансово-материальных затрат при выполнении указанных работ.

Результаты. Для решения этих задач предлагается применение геопозиционного метода нанесения дорожной разметки на основе незначительной модернизации конструкции о доукомплектовании специальным оборудованием существующей дорожно-разметочной машины КОНТУР-700ТП. В результате достигается ускорение процесса нанесения дорожной разметки без снижения качества выполняемой работы. При этом сокращается численности рабочей бригады и минимизируется влияние человека-машиниста в процесс нанесения дорожной разметки.

Выводы. Модернизирована (дооборудована) конструкция существующей дорожно-разметочной машины КОНТУР-700ТП. Описаны технологические особенности его применения. Рассчитана сравнительная экономическая эффективность внедрения предлагаемых технологии и разработки. Установлено, что внедрение метода геопозиционирования и модернизированной и дооборудованной машины является экономически выгодным по сравнению с применяемыми методами нанесения дорожной разметки.

Ключевые слова: метод, технология, дорожная разметка, дорожное полотно, система, погрешность, скорость, оборудование, качество, эффективность.

Введение

Разметка – это обязательный элемент дорожного покрытия, предназначенная для упорядочивания автомобильного потока. В настоящее время на дорогах Российской Федерации дорожная разметка наносится в основном двумя способами – краской и термопластиком. Нанесения разметки краской намного быстрее, чем термопластиком, но нанесенного слоя хватает на месяц при высокой интенсивности дорожно-транспортного потока. В связи с этим, большую популярность получил метод нанесения разметки термопластиком в горячем виде. Для этого сухой порошковый состав термопластика плавится при температуре 180...200° С. Термопластик, нанесенный на дорожное покрытие в горячем виде без нарушений технологии, является стойким к трещинам, выдерживает негативные влияния погодных условий и служит в восемь-десять раз дольше по времени, чем разметка нанесенная краской [1].

Для нанесения термопластика наиболее широко используется специальная дорожно-разметочная машина КОНТУР-700ТП (рис. 1). Рабочий процесс данной машины состоит из отдельных последовательных циклов, включающих в себя автоматизированные и механические периоды. Он обеспечивает выполнение всего заданного объема работ за сезон, но в связи с частичным присутствием ручного труда, процесс нанесения разметки сильно затягивается.

Увеличение производительности и улучшение технико-экономических показателей дорожно-разметочных машин, повышение их автоматизации, надежности и быстродействия неразрывно связано с модернизацией (доработкой) их конструкций и, как следствие, совершенствованием технологий, способов и методов нанесения разметки.

Постановка задачи

Разметка наносится строго по ГОСТ 51256-99 с согласованием Госавтоинспекцией и должна учитывать изменения потока дорожного движения, если они есть. В зависимости от дорожной ситуации и выполняемых работ возможна корректировка разметки.

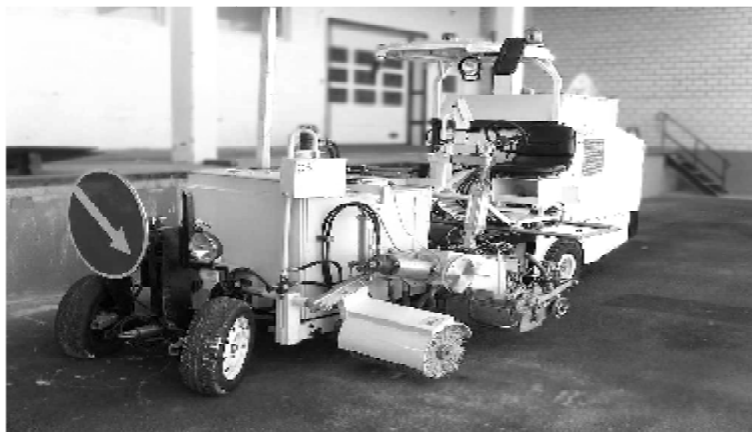


Рис. 1. Общий вид машины дорожной разметки Контур 700ТП

При нанесении дорожной разметки большая часть времени уходит на расчерчивание её на дорожном полотне и дальнейшую её корректировку. Если нанесение самой разметки протяженностью 500 метров при соблюдении всех требований и технологий нанесения термопластика и рабочей скорости машины не более 5 км/ч занимает около 12 мин времени, то на расчерчивание контура дорожной разметки по времени уходит намного больше времени (порядка 30 мин), в зависимости от сложности участка дороги. Это влечет большие необоснованные экономические потери. Например, при нанесении предварительной разметки дорожно-разметочная машина делает один холостой круг, а при корректировке, может уйти и на второй, то есть возрастают эксплуатационные расходы машины. Увеличивается также время выполнения работ.

Работы по нанесению дорожной разметки в Российской Федерации в силу природно-климатических условий страны носят сезонный характер и сильно зависят от каждодневных погодных условий. Следовательно, за период времени, в котором уже по расчетам могла быть нанесена разметка, погода может измениться и пойти дождь, останавливающий весь процесс работы. Соответственно, появляются вынужденные потери: повышается расход горюче-смазочных материалов (ГСМ) на эксплуатацию машин сопровождения, которые обеспечивают безопасное движение разметочной машины по проезжей части, на эксплуатацию тягача, который доставляет и увозит с места работы саму разметочную машину. Снижается эффективность полезности заработной платы рабочих. Из-за такого простоя особый урон наносится на рабочий материал, которым наносится дорожная разметка – на термопластик. По причине несвоевременного использования он теряет свои основные рабочие качества - термопластик остывает и его придется повторно нагревать до рабочей температуры, что в определенной степени снижает его рабочие характеристики.

Геопозиционный метод нанесения дорожной разметки

Для решения этих проблем предлагается применить геопозиционный метод нанесения дорожной разметки.

Суть данного метода заключается в следующем. В начале работ с максимальной точностью снимаются данные с местности, заносятся в бортовой компьютер и, пройдя компьютерную обработку, машина способна автоматически наносить на проезжую часть разметку. Такой подход даст большой выигрыш во всем особенно в следующем сезоне работ, так как снятая в текущем сезоне база координат будет полностью сохранена, заполнена и система способна полноценно заработать в полную силу без предварительных подготовительных работ по привязке координат дорожной сети.

Для обеспечения технических возможностей выполнения указанных работ существующая дорожно-разметочная машина (в данном случае КОНТУР-700ТП) должна пройти некоторую модернизацию или доукомплектование. На разметочную машину для точного снятия координат и дальнейшего их занесения в базу данных устанавливаются датчики реального времени. Для снятия координат используется датчик реального времени

для снятия координат Trimble BD910 (здесь и далее по тексту возможна установка аналогов подобных датчиков других производителей), который будет передавать все снятые данные на базу. Датчик BD910 относится к классу прецизионных измерителей и создан для эксплуатации в жестких температурных условиях – допустимый температурный диапазон применения приемника $-40^{\circ}\text{C} \dots +85^{\circ}\text{C}$. Вибростойкость отвечает требованиям военного стандарта MIL810F. Для получения необходимой точности BD910 должен работать в паре с опорной (базовой) станцией, в качестве которой он может выступать при установке специального программного обеспечения. Связь между базовой станцией (неподвижный BD910) и измерительным (подвижным) BD910 может организовываться по радиоканалу, через GSM-модем или Интернет. В отдельном случае, например для целей проверки работоспособности, формируемые базовой станцией поправки можно передавать в подвижный BD910 даже с помощью обычного кабеля. Датчик Trimble BD910 обрабатывает сигналы поддиапазона L1 систем ГЛОНАСС, GPS, Galileo и Compass. Алгоритм L1 RTK обеспечивает определение места с точностью 1...2 см. Для установки выше перечисленных датчиков нужно заново разработать визер, который, в отличие от его предыдущей версии, будет жестко прикреплен к раме. Визер старого образца (рис. 2) имеет много соединений и при движении машины очень сильно раскачивается, что недопустимо при работе сверхточных датчиков.



Рис. 2. Общий вид визера старого образца

Новый визер (рис. 3) жестко сварен, и многочисленные соединения отсутствуют, поэтому при движении машины колебания будут исключены. На визере установлены два датчика Trimble BD910.



Рис. 3. Общий вид визера нового образца



Рис. 4. Общий вид датчика реального времени для снятия координат Trimble BD910

На экструдере будет установлена дополнительная платформа, предназначенная для размещения оптических датчиков и лазера, контролирующих подачу стеклошариков в термопластик и неразрывность дорожной разметки, и в случае сбоя, останавливающих процесс нанесения дорожной разметки. Стеклошарики диаметром 0,05...1,5 мм добавляются в термопластик для обеспечения повышенных светоотражающих свойств

дорожной разметки в темное время суток, и чтобы разметка была достаточно хорошо видна в дождливую или в пасмурную погоду [2]. Программа управления описанным процессом будет записана в блоке управления Trimble CB 450. При этом для данного блока разрабатывается новое рулевое управление с электродвигателем, которое будет направлять машину точно по координатам, занесенным в базу данных бортового компьютера. Так же на машину будет установлена антенна типа MS992 (рис. 5), модем поправки для контроля и уточнения координат SNM940 и два датчика AS400 (рис. 6) предназначенные для поправки координат в случае продольного или поперечного уклонов машины в ходе рабочего процесса.



Рис. 5. Общий вид GNSS антенны MS992 Trimble



Рис. 6. Общий вид датчика продольного или поперечного уклона Trimble AS400

Установка GNSS антенны MS992 Trimble, не вызывает дополнительных трудностей, так её крепление достаточно универсальное. Весь рабочий процесс в целом будет находиться под управлением программного обеспечения VISION LINK. В случае изменения дорожного полотна, данный проект легко отредактируется под новые измененные значения.

Предлагаемая модернизация и дооборудование дорожно-разметочной машины придает существенное ускорение рабочему процессу без потери качества выполняемых работ. Так как система становится автоматической оператору машины остается лишь контролировать процесс нанесения слоя разметки. Снижается рабочая нагрузка на оператора. Это очень значимо в сезон работ, так как в абсолютном большинстве работы по нанесению дорожной разметки выполняются в ночное время. Свежесть оператора позволяет ему оперативно принимать необходимые решения, влияющие на качество работ. Предлагаемая модернизация и техническое дооборудование машины повышает ее быстродействие и, соответственно, увеличивает объем выполняемых работ – возрастает производительность. В случаях реконструирования дорог ранее внесенные данные в программное обеспечение можно легко скорректировать, либо внести новые данные и продолжить работы.

Применение такой более автоматизированной машины позволяет сократить количество людей в рабочей бригаде на два человека, что также снижает финансовые затраты компании на заработную плату.

Экономическая целесообразность проекта

При расчете экономической целесообразности проекта были учтены и рассчитаны следующие финансовые расходы.

1. Заработная плата рабочих за сезон была рассчитана по формуле [6]:

$$C_{зп} = L \cdot C_{зп \text{ в день}} \cdot D_{раб} \cdot K_{эф}, \quad (1)$$

где $C_{зп}$ – заработная плата рабочих за весь сезон работы, руб.;

L – количество рабочих в бригаде;

$C_{зп \text{ в день}}$ – заработная плата рабочего за смену, руб.;

$D_{раб}$ – общее количество рабочих дней за сезон работы;
 $K_{бф}$ – коэффициент, учитывающий отчисления в инстанции.

2. Сумма рабочих дней определяется по формуле:

$$D_{раб} = D_{общ} - D_{вых} - D_{дождь}, \quad (2)$$

где $D_{раб}$ – общее количество рабочих дней за сезон;
 $D_{общ}$ – общее количество всех дней за сезон работ;
 $D_{вых}$ – общее количество выходных дней за сезон работ;
 $D_{дождь}$ – общее количество дней с осадками за сезон работы.

3. Определение финансовых затрат на аренду техники (при необходимости):

$$A = D_{раб} \cdot A_{день}, \quad (3)$$

где A – сумма аренды за сезон работы, руб. ;
 $D_{раб}$ – общее количество рабочих дней за сезон;
 $A_{день}$ – цена аренды техники за один день, руб.

4. Расходы на ГСМ были определены по следующей зависимости:

$$P_{ГСМ} = Z_{смена} \cdot C_{ГСМ} \cdot D_{раб}, \quad (4)$$

где $P_{ГСМ}$ – общая сумма расхода на ГСМ, руб. ;
 $Z_{смена}$ – заправка в смену, л;
 $C_{ГСМ}$ – цена за литр горюче – смазочного материала, руб/л;
 $D_{раб}$ – общее количество рабочих дней за сезон.

5. Практические замеры времени работы машины в режиме ручного труда и в режиме применения предлагаемой системы геопозиционирования позволили определить коэффициент ускорения рабочего процесса $K_{уск}$:

$$K_{уск} = t_{р.р.} / t_{а.р.}, \quad (5)$$

где $t_{р.р.}$ – время, затраченное на работу в ручном режиме, мин;
 $t_{а.р.}$ – время, затраченное на работу в автоматическом режиме, мин.

6. Общее количество дней, необходимых для выполнения работ определяется по формуле [6]:

$$D_{раб.авт.} = D_{раб.} \left(\frac{t_{р.р.}}{t_{а.р.}} \right), \quad (6)$$

где $D_{раб.авт.}$ – рабочие дни при применении нового метода;
 $D_{раб.}$ – общее количество рабочих дней за сезон;
 $t_{р.р.}$ – время, затраченное на работу в ручном режиме, мин;
 $t_{а.р.}$ – время, затраченное на работу в автоматическом режиме, мин.

7. В заключение определяется сумма на зарплату рабочих, на аренду техники и на ГСМ заменив $D_{раб.}$ на $D_{раб.авт.}$. Сравнивая полученные результаты можно подсчитать во сколько раз применение предлагаемой системы геопозиционирования сокращает расходы на выполняемые работы обычным методом.

Все данные, необходимые для проведения выше перечисленных расчетов, были представлены фирмой ООО «Фирма АВТОГАЗ» (г. Казань) по итогам работы по нанесению дорожной разметки в 2015 и 2016 годах.

Заключение

Практическое внедрение метода геопозиционирования позволяет повысить экономическую эффективность дорожно-строительных организаций (~24 %). За счет отсутствия затрат на предварительную разметку, большая часть рабочего времени будет затрачена на выполнение основной работы. При работе с предлагаемой дооборудованной дорожно-строительной машиной качество нанесения разметки повышается, при этом скорость выполняемой работы увеличивается. Сокращаются время выполнения работ, затраты на ГСМ и аренду техники, заметно экономится фонд заработной платы. Повышение эффективности систем контроля влечет повышение качество выполняемых работ. Таким образом, внедрение и применение вышеописанной технологии открывает новые возможности и является весьма перспективным по развитию дорожно-строительных компаний, занимающихся нанесением дорожной разметки.

Внедрение

Торгово-производственной компанией ООО «Фирма АВТОГАЗ» (г. Казань) изготовлен опытный образец модернизированной и дооборудованной дорожно-разметочной машины КОНТУР-700ТП, который летом 2016 года прошел натурные испытания. Результаты испытаний в целом соответствовали расчетным ожиданиям.

Список библиографических ссылок

1. Васильев А. П. Эксплуатация автомобильных дорог. М. : Академия, 2010. 320 с.
2. Подольский В. П. Технология и организация строительства автомобильных дорог. Дорожные покрытия. М. : Академия, 2012. 304 с.
3. Шарапов Р. Р., Романович А. А., Харламов Е. В. Строительные и дорожные машины и оборудование: лабораторный практикум. Белгород : Изд-во БГТУ, 2014. 125 с.
4. Габдуллин Т. Р. Нанесение дорожной разметки на влажное дорожное покрытие // Известия КГАСУ. 2016. № 1 (35). С. 240–246.
5. Габдуллин Т. Р., Зимдеханов М. М. Разработка демаркировщика с гидродинамическим рабочим органом кавитационного типа // Известия КГАСУ. 2014. № 4 (30). С. 464–469.
6. Абрамов А. Т. Экономическое обоснование инженерных задач в дипломных проектах: методические рекомендации. Барнаул : Изд-во АГАУ, 2002. 68 с.
7. Габдуллин Т. Р., Загретдинов Р. В. Повышение производительности систем управления дорожно-строительной техникой при использовании систем глобального спутникового позиционирования. // Известия КГАСУ. 2014. № 4 (26). С. 397–402.
8. David J. I. White, Pavana K. R. Vennapusa, Mark Thompson J. Validation of Intelligent Technology : Department of Transportation Federal Highway Administration. 2012. P. 12
9. 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. С. 012119.
10. Hunter R. F. Asphalt in road construction. London : ICE Publishing, 2014. 588 p.

Gabdullin T.R. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: 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 aim of the research was to improve the working process of road marking, aimed at reducing the time and financial and material costs in the performance of these works.

Results. To solve these problems, it is proposed to apply the geopolitical method of marking road marking on the basis of minor modernization of the structure, with additional equipment of the existing road-marking machine KONTR-700TP. As a result, the process of applying road marking is accelerated without reducing the quality of the work performed. At the same time, the number of working brigades is reduced and the influence of the man-machinist in the process of applying road marking is minimized.

Conclusions. The construction of the existing road-scribing machine KONTR-700P has been modernized (retrofitted). The technological features of its application are described. The comparative cost-effectiveness of the proposed technology and development is calculated. It is established that the introduction of the proposed method and modernized equipment is economically profitable (~ 24 %) compared to the applied methods of road marking.

Keywords: method, technology, road marking, roadway, system, error, speed, equipment, quality, efficiency.

References

1. Vasilyev A. P. Operation of highways. M. : Academy, 2010. 320 p.
2. Podolsky V. P. Technology and organization of construction of highways. Road coverage. M. : Academy, 2012. 304 p.
3. Sharapov R. R., Romanovich R. A., Kharlamov E. V. Building and road machines and equipment: laboratory practical. Belgorod : Publishing House of the Baltic State Technical University, 2014. 125 p.
4. Gabdullin T.R. Road marking on wet coating // Izvestiya KGASU, 2016, № 1 (35). P. 240–246.
5. Gabdullin T. R., Zimdehanov M. M. Development of the machine to remove the markup with hydrodynamic cavitation working body type // Izvestiya KGASU. 2014. № 4 (30). P. 464–469.
6. Abramov A. T. Economic justification of engineering problems in the graduation projects: methodological recommendations. Barnaul : Publishing house ASAU, 2002. 68 p.
7. Gabdullin T. R. Productivity Improvement of Machine Control Systems Using new Global Satellite Positioning Systems // Izvestiya KGASU. 2013. № 4 (26). P. 397–402.
8. David J. I. White, Pavana K. R. Vennapusa, Mark Thompson J. Validation of Intelligent Technology : Department of Transportation Federal Highway Administration. 2012. P. 12
9. 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. P. 012119.
10. Hunter R. F. Asphalt in road construction. London : ICE Publishing, 2014. 588 p.