



УДК 625.731(470.315)

Е. В. ПАТРИН, магистрант кафедры гидротехнических и транспортных сооружений; **А. А. ПЕНЬКОВ**, магистрант кафедры гидротехнических и транспортных сооружений; **В. И. КОСТИН**, канд. техн. наук, доц. кафедры гидротехнических и транспортных сооружений

ПЛАНИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОБХОДА Г. ИВАНОВО

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет».

Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 430-42-89; эл. почта: gs@nngasu.ru

Ключевые слова: дорожное строительство, качество земляного полотна, операционный контроль, статистические методы.

Приведены проблематика и методика операционного контроля качества работ по устройству земляного полотна с применением статистических методов.

Актуальность темы

В практике дорожного строительства операционный контроль качества строительного-монтажных работ традиционно выполняется в соответствии с положениями [1–3]. При этом следует отметить, что, несмотря на постоянное продвижение новых материалов и средств механизации, техники и технологий, в данном контексте меняется лишь аббревиатура документа, а содержание нормативной базы остается на уровне 70–80-х годов прошлого столетия, в частности:

- давно не подлежала пересмотру номенклатура контролируемых параметров (показателей) качества дорожной продукции (ранее и сейчас они в основном касаются геометрии и практически не затрагивают вопросов надежности сооружения);

- в отличие от сферы материаловедения отсутствует какое-либо обоснование величины допусков на выбраковку контролируемых параметров, а сказать попросту – их никогда не было и пока не предвидится;

- отсутствуют методология нормирования, а также критерии оценки достигнутого и планируемого уровней качества дорожной продукции с позиций все той же теории надежности сооружения;

- отсутствует единый подход в оценке значимости (вклада) отдельных показателей контроля в комплексное и интегральное качество объекта;

- и главное, отсутствует единый научно-обоснованный подход к механизму экономического стимулирования производителя дорожных работ в виде штрафных санкций за допущенный брак.

В этой связи процедура оценки качества дорожной продукции по [1] в ряде случаев представляется с точки зрения трудоемкости неоправданно завышенной. В первую очередь это касается вопросов контроля качества уплотнения грунтов земляного полотна.



Так, согласно п. 7.12.3 [1] производитель работ вынужден осуществлять сплошной контроль плотности грунта, а именно:

- «... в каждом технологическом слое по оси земляного полотна и на расстоянии 1,5–2,0 м от бровки, т.е. в 3 контрольных точках поперечника, а при ширине земляного полотна более 20 м – также в промежутках между ними (в 5 контрольных точках);
- ... на каждой сменной захватке работы уплотняющих машин, но не реже чем через 200 м при высоте насыпи до 3 м и не реже чем через 50 м при высоте насыпи более 3 м;
- контроль плотности верхнего слоя следует проводить не реже чем через 50 м;
- ... в каждом слое засыпки пазух труб, над трубами, в конусах и в местах сопряжения с мостами».

Стремление авторов всех перечисленных выше документов в принципе объяснимо: если заранее обозначить потенциальные зоны отбора проб, то для повышения объективности результатов соответственно нужно увеличивать число измерений (численность выборки). Однако, подобная регламентация процедуры в отношении объема и мест проведения испытаний, с одной стороны, приводит к существенному увеличению продолжительности работ, а с другой – снижает ценность получаемой информации, т.к. всегда позволяет «умному» исполнителю найти способ для «обхода» этих предписаний.

Применительно к рассматриваемому объекту (проектная документация ООО «Дороги Приволжья»), где земляное полотно устраивается с применением 5-ти различных технологий, расчеты показывают, что даже в самом простом с позиций практической реализации случае (на участках линейных работ с отсыпкой полотна из привозного грунта в три слоя), по регламенту (см. табл. 1) на каждый километр дороги требуется произвести от 75 до 225 измерений плотности грунта (в зависимости от толщины слоя отсыпки). С учетом трудоемкости испытаний, например, методом «режущего кольца» [4], который считается эталонным для определения плотности грунтов, предписания [1] приводят к завышению объема контроля более, чем в 3 раза при сравнительно невысокой достоверности результатов вследствие влияния фактора субъективности как со стороны производителя работ, так и контролирующего органа.

Полемика в отношении несовершенства нормативной базы по части операционного контроля качества строительно-монтажных дорожных работ выходит за рамки настоящей статьи, в которой авторы делают лишь очередную попытку привлечь внимание специалистов к обсуждаемому вопросу. Бесспорно одно – актуальность темы повышения эффективности контроля дорожных работ (продукции) далеко не исчерпана.

В данной публикации авторами на примере конкретного объекта показаны некоторые особенности применения статистических методов при контроле качества уплотнения земляного полотна в сравнении с традиционными.

Примечание:

В материалах статьи использованы результаты многолетних исследований кафедры Автомобильных дорог ННГАСУ и опыт практической работы магистрантов, обучающихся по профилю Автомобильные дороги при подготовке ВКР.



Методика операционного контроля качества земляных работ с применением статистических методов

Статистический контроль представляет собой метод, базирующийся на применении положений теории вероятности и законов математической статистики. Применительно к дорожному строительству теоретические основы метода в свое время были заложены В. М. Сиденко, С. Ю. Рокасом и получили дальнейшее развитие в работах Д. Г. Мепуришвили, В. А. Семенова и др. [5].

Реализация достоинств метода по сокращению объема контроля при обеспечении требуемой достоверности его результатов и, как следствие, получение объективной оценки качества уплотнения земляного полотна, возможно только при условии тщательного планирования, в частности объема контроля, а главное, мест проведения измерений. Причем метод с успехом может применяться как на стадии операционного, так и приемочного контроля.

Объем контроля (размер выборки) определяется по известной формуле Чебышева и помимо всего прочего зависит от доверительной вероятности (категории дороги) и неоднородности (коэффициента вариации) измеряемой величины (плотности грунта).

Планирование мест контроля с учетом требуемой достоверности обеспечивается принципом случайности к выбору мест отбора проб с использованием таблицы случайных чисел.

Особенностью земляных работ в отличие, скажем, от слоев дорожной одежды является нестабильность поперечного сечения земляного полотна вследствие постоянного изменения его рабочих отметок. Поэтому для решения данного вопроса предлагается к применению следующая «нехитрая» методика планирования эксперимента.

1. На стадии послойной отсыпки земляного полотна рекомендуется назначать «нормальный» режим операционного контроля с определением общего числа измерений $N_{\text{общ}}$ по табл. 2.

«Ослабленный» или «усиленный» контроль следует применять на стадии приемки скрытых работ, выполненных либо с высоким качеством, либо при установленных серьезных нарушениях. При соответствующем обосновании «точку отсчета» можно изменить.

2. По проектным данным устанавливают геометрию (протяженность и поперечные габариты) участка контроля с учетом параметров продольного и поперечного профиля, темпов строительства дороги и прочих условий.

Определение геометрии следует проводить отдельно для участков линейных и сосредоточенных работ.

Рекомендуемая длина участка контроля – величина переменная и может изменяться на линейных работах (рабочая отметка до 3 м) от 200 до 1000 пм, на сосредоточенных – до 200 пм.



Таблица 1
Регламент операционного контроля устройства земляного полотна

Операции подлежащие контролю	Контролируемый параметр	Методы и средства контроля	Режим и объем контроля	Количество измерений на километр дорожки		Контролирующее лицо	Ответственный за контроль	Регистрирующий документ
				По ГОСТ Р 59864.2-2022	По методам статистического контроля			
Снятие растительного слоя грунта	Толщина снимаемого растительного слоя	Инструментальный Измерительная линейка, визури	Слошной Не реже чем через 20 м (на 20% контр. уч.) по 5 измерений на сбор	50	25	Бригадир	Мастер	Общий журнал работ
	Отсутствие неоднородности грунта	Визуальный	Слошной Постоянный	-	-	Лаборант	Мастер	Общий журнал работ
	Отметка подошвы выемки	Инструментальный Нивелир, визури	Слошной Не реже чем через 100 м (по 3 измерения)	30	25	Мастер	Прораб	Журнал технического нивелирования, общий журнал работ
Разработка грунта в выемке	Крутизна откосов	Инструментальный Угломер	Слошной Не реже чем через 20 м (на 20% контр. уч.)	20	25			
	Толщина слоя	Инструментальный Нивелир	Слошной Не реже чем через 100 м (по 3 измерения)	30	25	Мастер, геодезист	Мастер	Журнал технического нивелирования, общий журнал работ
	Высотные отметки продольного профиля	Инструментальный Нивелир, визури	Слошной Не реже чем через 100 м (по 3 измерения)	30	25			
Разработка грунта в насыпи	Ширина верха зем. полотна	Инструментальный Рулетка измерительная	Слошной Не реже чем через 20 м (на 20% контр. уч.)	20	25			
	Крутизна откосов	Инструментальный Нивелир или дорожная рейка	Слошной Не реже чем через 20 м (на 20% контр. уч.)	20	25	Лаборант	Мастер	Журнал пробного уплотнения грунта, журнал контроля плотности земляного полотна, общий журнал работ
	Поперечные уклоны	Лабораторный Метод режущего кольца, экспресс методы	Слошной Не реже 1 раз в смену Слошной Не менее пяти образцов (на 1 сбор) не реже, чем через 200 м	-	-			
Уплотнение грунта	Влажность грунта	Инструментальный Нивелир	Слошной Не реже чем через 100 м (по 3 измерения)	30	25	Мастер, геодезист	Прораб	Журнал технического нивелирования, ведомость приемки земляного полотна, общий журнал работ
	Плотность грунта	Инструментальный Нивелир	Слошной Не реже чем через 50 м (по 3 измерения)	60	25			
	Высотные отметки продольного профиля	Инструментальный Рулетка измерительная	Слошной Не реже чем через 100 м (по 3 измерения)	30	25			
Планировка верха зем. полотна (на выемки)	Работность поверхности	Инструментальный Нивелир	Слошной Не реже чем через 100 м (по 3 измерения)	30	25	Мастер	Мастер	Ведомость приемки земляного полотна, общий журнал работ
	Ширина верха зем. полотна	Инструментальный Рулетка измерительная	Слошной Не реже чем через 100 м (по 3 измерения)	30	25			
Нарезка кабелей	Поперечные размеры	Инструментальный Нивелир	Слошной Не реже чем через 100 м (по 3 измерения)	30	25	Мастер	Мастер	Ведомость приемки земляного полотна, общий журнал работ
	Глубина кабеля	Инструментальный Нивелир	Слошной Не реже чем через 100 м (по 3 измерения)	30	25			



Таблица 2

Определение числа измерений, $N_{\text{общ}}$

Режим контроля	Рекомендуемое количество измерений по категориям дорог		
	I - II	III	IV - V
Ослабленный	18-11	10-8	7-8
Нормальный	28-18	16-13	11-12
Усиленный	44-28	25-20	16-18

3. Используя спрямленный продольный профиль с обязательным отображением на нем проектной линии и подошвы земляного полотна, разбивают насыпь по высоте на технологические слои укладки с учетом технических возможностей уплотняющей техники.

4. Графически определяют границы (пикетажное положение) и протяженность участков каждого укладываемого слоя. Двигаясь по ходу пикетажа, последовательно совмещают границы каждого из слоев между собой в направлении снизу (от подошвы насыпи) вверх. При этом протяженности слоев складывают с получением суммарной длины участка контроля.

5. Далее, используя общеизвестные рекомендации, выбирают расчетную схему разбивки участка на элементарные зоны (ячейки) контроля общим числом 100 с расчетом параметров их длины l_k и ширины b_k (рис. 1, 2).

6. По таблице случайных чисел выбирают $N_{\text{общ}}$ количество пар чисел и намечают маршрут контроля, т.е. порядок прохождения объекта в процессе послыйного контроля плотности грунта.

Примечание:

Такую же процедуру требуется проводить при необходимости доуплотнения основания низких насыпей или рабочего слоя выемок (нулевых мест).

7. Составляют график контроля, увязав его с линейным-календарным графиком производства земляных работ.

8. В заданные сроки выполняют отбор проб с определением плотности грунтов земляного полотна.

9. Производят статистическую обработку результатов измерений с определением показателя дефектности работ по уплотнению земляного полотна.

10. Оценивают качество уплотнения грунтов на объекте с определением фактической стоимости работ, подлежащих оплате, либо дают предписания по исправлению дефектов.

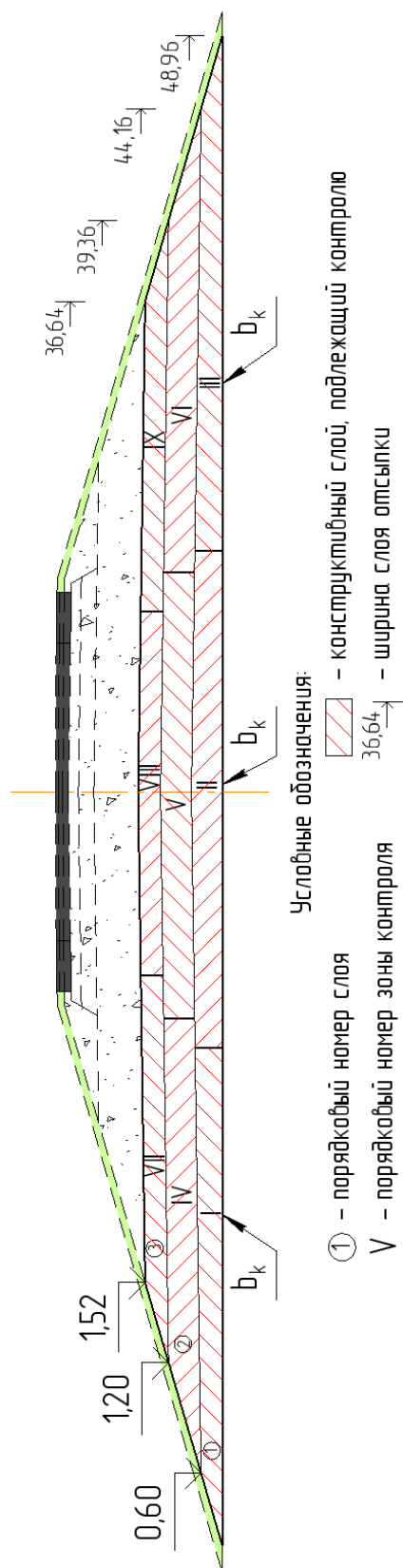


Рис. 1. Схема разбивки конструкции земляного полотна на элементарные участки контроля

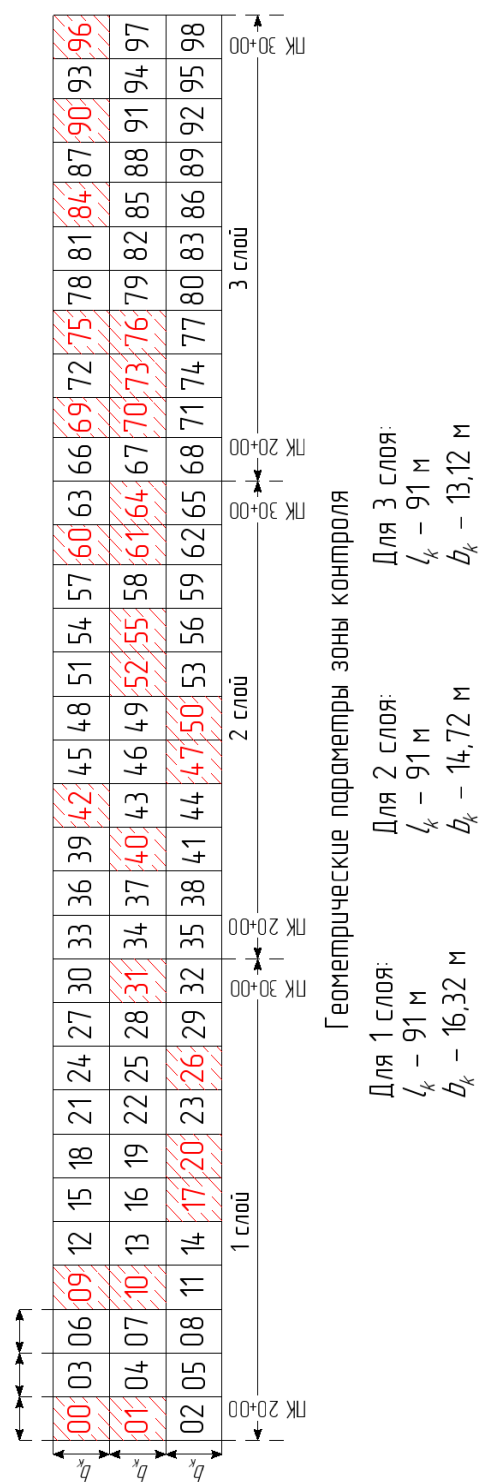


Рис. 2. Маршрут контроля 1 км земляного полотна



Результаты

Опыт планирования операционного контроля качества дорожных работ на объекте «Обход г. Иваново» показал, что применение статистических методов позволяет сократить количество измерений плотности грунтов земляного полотна на участках линейных работ «минимум» в три раза на каждый км дороги без ущерба достоверности получаемых результатов.

Заключение

Материалы настоящей публикации представляют определенный практический интерес для специалистов, осуществляющих строительство и приемо-сдаточные испытания автомобильных дорог в части проведения контроля качества дорожных работ, а также для студентов, магистрантов и слушателей системы повышения квалификации, обучающихся по профилю «Автомобильные дороги».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 78.13330.2012. Свод правил. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85 / СоюздорНИИ. – Москва : Минрегион России, 2013. – 61 с.
2. СНиП 3.06.03-85. Автомобильные дороги. Правила производства и приемки работ / Союздорнии, Союздорпроект Минтрансстроя, Промтрансниипроект Госстроя СССР. – Москва : Госстрой СССР, 1986. – 80 с.
3. СНиП III-40-78. Строительные нормы и правила. Часть III. Правила производства и приемки работ. Глава 40. Автомобильные дороги / Союздорнии, Союздорпроект Минтрансстроя, Промтрансниипроект Госстроя СССР. – Москва : Стройиздат, 1979. – 133 с.
4. ГОСТ 5180-2015. Межгосударственный стандарт. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик / Производственный и научно-исследовательский институт по инженерным изысканиям. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 28 с.
5. Операционный контроль качества земляного полотна и дорожных одежд / М. А. Берман, В. С. Бочаров, И. Е. Евгеньев и др. ; под редакцией А. Я. Тулаева. – Москва : Транспорт, 1985. – 224 с.

PATRIN Evgeniy Vadimovich, master degree student of the chair of hydraulic engineering and transport structures; PENKOV Aleksandr Alekseevich, master degree student of the chair of hydraulic engineering and transport structures; KOSTIN Valeriy Ivanovich candidate of technical sciences, associate professor of the chair of hydraulic engineering and transport structures

OPERATIONAL CONTROL PLANNING QUALITY DURING THE CONSTRUCTION OF THE ROADBED DURING THE CONSTRUCTION OF THE IVANOVO BYPASS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.

Tel.: (831) 430-42-89; e-mail: gs@nngasu.ru

Key words: automobile road, roadbed quality, statistical quality control, operational quality control.



The article considers the methodology of operational quality control of work on the construction of the roadbed using statistical methods using the example of the Ivanovo Bypass Construction facility.

REFERENCES

1. SP 78.13330.2012. Avtomobilnye dorogi [Highways]. Svod pravil. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 3.06.03-85. SoyuzdorNII. Moscow: Minregion Rossii, 2013, 61 p.
2. SNIp 3.06.03-85. Avtomobilnye dorogi [Highways]. Pravila proizvodstva i priemki rabot. Soyuzdornii. Soyuzdorproekt Mintransstroya. Promtransniiproekt Gosstroya SSSR. Moscow: Gosstroy SSSR, 1986, 80 p.
3. SNIp III-40-78. Stroitelnye normy i pravila [Building codes and regulations]. Chast III. Pravila proizvodstva i priemki rabot [Rules of production and admission of works]. Glava 40. Avtomobilnye dorogi [Highways]. Soyuzdornii, Soyuzdorproekt Mintransstroya. Promtransniiproekt Gosstroya SSSR. Moscow: Stroyizdat, 1979, 133 p.
4. GOST 5180-2015. Mezhdgosudarsvenniy standart. Grunty. Metody laboratornogo opredeleniya fizicheskikh kharakteristik [The interstate standard. Soils. Methods of laboratory determination of physical characteristics]. PNIIS. Moscow: Standartinform, 2019, 28 p.
5. Berman M. A., Bocharov V. S., Evgeniev I. E., [et al]. Operatsionny kontrol kachestva zemlyanogo polotna i dorozhykh odezhd: pod red. A. Ya. Tulaeva. Moscow, Transport, 1985, 224 p.

© **Е. В. Патрин, А. А. Пеньков, В. И. Костин, 2025**

Получено: 18.09.2025 г.