

16. Soobshchenie 1: Modelirovanie i obshchie zakonomernosti [The method of calculation wooden roof coverings of buildings. Message 1: Modeling and general patterns]. *News of higher educational institutions. Construction*. 2014. No. 3. Pp.5-13.

17. Nemirovskiy Yu.V., Boltaev A.I. Diagrammy deformirovaniya betonov i zhelezobetonov [Diagrams deformation concrete and reinforced concrete]. *Herald BSTU*. V.G. Shukhov. 2015. No. 6. pp.125-129.

18. Berezin I S., Zhidkov N.P. *Metody vychisleniy. Tom 1* [Calculation methods]. Moscow, Fizmatgiz, 1962 464 p.

*Немировский Юрий Владимирович (Россия, г. Новосибирск) - д-р физ.-мат. наук, проф., главный научный сотрудник, Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН (630090, г. Новосибирск, ул. Институтская, 4/1,; e-mail: nemirov@itam.nsc.ru).*

*Болтаев Артём Иванович (Россия, г. Новосибирск) - асп.; Институт теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича СО РАН, (630090, г. Новосибирск, ул. Институтская, 4/1,; e-mail: boltaev\_artem@mail.ru).*

*Nemirovsky Yuriy Vladimirovich (Russian Federation, Novosibirsk) - doctor of physical and mathematical sciences, professor, Chief Researcher; Khristianovich Institute of theoretical and applied mechanics the Siberian Branch of Russian Academy of Science.(630090, Novosibirsk, st. Institutskay, 4/1, e-mail: nemirov@itam.nsc.ru).*

*Boltaev Artem Ivanovich (Russian Federation, Novosibirsk) - post-graduate student; Khristianovich Institute of theoretical and applied mechanics the Siberian Branch of Russian Academy of Science (630090, Novosibirsk, st. Institutskay, 4/1, e-mail: boltaev\_artem@mail.ru).*

УДК 625.72:528:48:658.562

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ДОПУСКОВ НА ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ИЗЫСКАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИХ ВЫСОТНОГО ПОЛОЖЕНИЯ

Ю.В. Столбов<sup>1</sup>, С.Ю. Столбова<sup>2</sup>, Л.А. Пронина<sup>3</sup>, И.Е. Старовойтов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск;

<sup>2</sup>Омский государственный технический университет (ОмГТУ), Россия, г.Омск

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО Омский ГАУ, Россия, г. Омск

**Аннотация.** *Выполнен анализ методов расчета допусков на геодезические работы при изыскании и строительстве автомобильных дорог для обеспечения заданного их высотного положения. Приведены примеры расчета допусков на геодезические работы с использованием методов равного и ничтожного влияния погрешностей на окончательное положение конструкций и метода с учетом точности технологических процессов при изыскании и строительстве автомобильных дорог. Рассчитаны нормы точности геодезических измерений при детальной разбивке отметок поверхностей оснований и покрытий, выносе отметок пикетов от рабочих реперов и проложения нивелирных ходов вдоль или по трассе автомобильных дорог IV, V категорий общего пользования и ведомственных с применением комплекта машин без автоматической системы выдерживания заданных высотных отметок.*

**Ключевые слова:** *автомобильные дороги, точность технологических процессов, допуски на детальную разбивку отметок, вынос отметок пикетов на трассу от рабочих реперов, проложение нивелирных ходов.*

### Введение

Точность геометрических параметров конструкций зданий и сооружений является одним из основных показателей качества современного строительства. Согласно ГОСТ 21778-81 [1], при проектировании зданий и сооружений и их отдельных элементов, раз-

работке технологии изготовления элементов и возведения зданий и сооружений следует предусматривать, а в производстве применять необходимые средства и правила технологического обеспечения точности.

Регламентация норм точности на геометрические параметры конструкций зданий и

сооружений приводится в стандартах (ГОСТах), СНиП, СП и проектно-конструкторской документации. Для автомобильных дорог нормы точности геометрических параметров конструктивных слоев были регламентированы в СНиП 3.06.03-85 [2], где в обязательном приложении 2 приведена таблица с параметрами, используемыми при приемке и оценке качества строительно-монтажных работ и условия их оценки. В 2013 году введена в действие актуализированная редакция этого СНиПа – свод правил СП 78.13330.2012 [3], который в настоящее время является основным нормативным документом, а СНиП 3.06.03-85 [2] разрешено использовать при реконструкции ранее построенных сооружений.

Точность высотного положения оснований и покрытий дорожных одежд, в этом нормативном документе [3], регламентирована следующим образом: не более 10% результатов определений высотных отметок могут иметь отклонение от проектных значений в пределах  $\pm 20(\pm 50)$  мм, а остальные до  $\pm 10(\pm 25)$  мм, где приведенные значения в скобках относятся к видам работ, выполняемым комплектом машин без автоматической системой выдерживания заданных высотных отметок. При этом рекомендовано использование комплекта машин без автоматической системы выдерживания заданных высотных отметок только для дорог IV, V категорий общего пользования и ведомственных.

В нормативных документах регламентированы значения отклонений высотных отметок от проектных значений, которые следует принимать за основу расчета точности геодезических разбивочных работ (детальной разбивки отметок, выноса отметок пикетов от рабочих реперов и проложения нивелирных ходов вдоль или по трассе автомобильных дорог). Обоснование допусков на геодезические разбивочные работы по стадиям их производства следует выполнять в обратной последовательности, т.е. при расчетах точности решать обратные задачи.

### **Анализ методов расчета допусков на геодезические работы**

Сначала необходимо обосновать допуски на контрольные геодезические измерения (геодезический контроль), где за основу необходимо принимать, регламентируемые в нормативных документах (СНиП, СП и др.), допустимые значения амплитуд высотных отметок оснований и покрытий дорожных одежд.

Для расчета допусков на детальную разбивку высотных отметок поверхностей конст-

руктивных слоев дорожных одежд, от ранее вынесенных отметок пикетов автомобильных дорог, за исходную основу следует принимать регламентируемые в нормативных документах допустимые отклонения (предельные погрешности) высотных отметок от проектных с учетом точности технологических процессов устройства оснований и покрытий.

В настоящее время для обоснования допусков на строительно-геодезические разбивочные работы при возведении плоскостных сооружений (какими являются автомобильные дороги) могут быть использованы методики с применением следующих методов расчета их точности: с использованием принципов равного и ничтожного влияния отдельных источников погрешностей на окончательное положение законченных строительно-конструктивных слоев дорожных одежд; с учетом точности технологических процессов при изыскании и строительстве автомобильных дорог [4].

Для расчета точности отдельных видов работ, с обеспечением допустимых отклонений высотных отметок оснований и покрытий автомобильных дорог IV, V категорий общего пользования и ведомственных, с доверительными вероятностями  $P=0,9$  и  $P=0,95$ , зададимся нормируемой величиной  $\delta_H = 25$  мм, согласно [3]. Нормированные среднеквадратические погрешности высотного положения оснований и покрытий автомобильных дорог определим по выражению.

$$m_H = \frac{\delta_H}{t}; \quad (1)$$

где  $\delta_H$  – допустимое отклонение (предельная) погрешность высотного положения оснований и покрытий автомобильных дорог;  $t$  – величина, которая соответствует вероятностям  $P=0,90$  при  $t=1,64$  и  $P=0,95$  при  $t=2,0$ .

Тогда при доверительных вероятностях  $P=0,9$  и  $P=0,95$  среднеквадратические погрешности будут иметь значения:

$$\text{при } P=0,9 \quad m_H = \frac{25}{1,64} = 15,2 \text{ мм};$$

$$\text{при } P=0,95 \quad m_H = \frac{25}{2} = 12,5 \text{ мм}.$$

Метод расчета допусков, основанный на принципе равного влияния.

Применяя, принцип равного влияния отдельных погрешностей строительно-геодезических работ ( $m_C$ ) и геодезических работ ( $m_G$ ) работ, составляющих суммарную погрешность высотного

положения устройства оснований и покрытий, рассчитаем их значения по выражению (2) :

$$m_r = m_c = m_n / \sqrt{2} \quad (2)$$

При доверительных вероятностях они будут иметь значения:

при  $P=0,9$   $m_r = m_c = 15,2 / \sqrt{2} = 10,74$  мм.

при  $P=0,95$   $m_r = m_c = 12,5 / \sqrt{2} = 8,84$  мм;

На общую среднеквадратическую погрешность геодезических разбивочных работ при изыскании и строительстве автомобильных дорог оказывают влияние погрешности:

$$m_r = \sqrt{m_{др}^2 + m_{вп}^2 + m_{нх}^2} \quad (3)$$

где  $m_{др}$  – среднеквадратическая погрешность при детальной разбивке высотных отметок;

$m_{вп}$  - среднеквадратическая погрешность при выносе высотных отметок пикетов от рабочих реперов;

$m_{нх}$  - среднеквадратическая погрешность при проложении нивелирного хода.

Тогда значения составляющих среднеквадратических погрешностей будут:

$$m_{др} = m_{вп} = m_{нх} = \frac{10,74}{\sqrt{3}} = 6,20 \text{ мм.}$$

$$m_{др} = m_{вп} = m_{нх} = \frac{8,84}{\sqrt{3}} = 5,10 \text{ мм.}$$

Метод расчета допусков, основанный на принципе ничтожного влияния.

Для расчета погрешностей этим методом зададимся коэффициентом повышения точности  $Z=1,6$ , что соответствует  $\frac{m_m}{m} = 20\%$ .

Коэффициент  $\frac{1}{Z}$  будет иметь значение 0,63,

а среднеквадратическая погрешность геодезических работ составит  $m_r = 0,63 * m_n$ .

Задаваясь доверительными вероятностями  $P=0,9$  и  $P=0,95$ , вычислим значения среднеквадратических погрешностей геодезических работ будут:

при  $P=0,9$   $m_r = 0,63 * 15,2 = 9,58$  мм;

при  $P=0,95$   $m_r = 0,63 * 12,5 = 7,88$  мм.

Погрешности измерений на старших ступенях будут для младших ошибками исходными данными. Потребуем, чтобы погрешности

на последних ступенях были в  $Z$  раз меньше суммарного влияния всех погрешностей в данной ступени

$$m_{вп} = \frac{m_{изм}}{Z} \quad (4)$$

Точность детальной разбивки высотных отметок является низшей ступенью по отношению к точности выноса высотных отметок пикетов от рабочих реперов. Точность выноса высотных отметок пикетов от рабочих реперов является низшей ступенью по отношению к точности проложения нивелирных ходов. Применительно к трем ступеням выполнения геодезических работ при изысканиях и строительстве автомобильных дорог и значении коэффициента  $Z=1,6$  имеем:

$$m_{вп} = \frac{m_{нх}}{Z}; \quad m_{др} = \frac{m_{вп}}{Z} = \frac{m_{нх}}{Z^2} \quad (5)$$

С учетом выражения (5) формула (3) примет вид [5]:

$$m_r = \sqrt{m_{др}^2 + \frac{m_{вп}^2}{Z^2} + \frac{m_{нх}^2}{Z^4}}; \quad (6)$$

или

$$m_r = m_{др} * Q, \quad (7)$$

Где

$$Q = \sqrt{\frac{1}{Z^4} + \frac{1}{Z^2} + 1} \quad (8)$$

При коэффициенте  $Z=1,6$  значение  $Q=1,24$ . Среднеквадратические погрешности отдельных видов работ, составляющих суммарную погрешность, с учетом доверительных вероятностей будут иметь значения:

при  $P=0,90$   $m_{нх} = \frac{9,58}{2,56 * 1,24} = \frac{9,58}{3,17} = 3,02 \text{ мм.}$

при

$P=0,95$   $m_{нх} = \frac{7,88}{2,56 * 1,24} = \frac{7,88}{3,17} = 2,48 \text{ мм.}$

при  $P=0,90$   $m_{вп} = \frac{9,58}{1,6 * 1,24} = \frac{9,58}{1,98} = 4,84 \text{ мм.}$

при  $P=0,95$   $m_{вп} = \frac{7,88}{1,6 * 1,24} = \frac{7,88}{1,98} = 3,98 \text{ мм.}$

при  $P=0,90$   $m_{op} = \frac{9,58}{1,24} = 7,72 \text{ мм.}$

при  $P=0,95$   $m_{op} = \frac{7,88}{1,24} = 6,35 \text{ мм.}$

Выполним контроль правильности вычисления погрешностей:

$$m_r = \sqrt{2,48^2 + 3,98^2 + 6,35^2} = \sqrt{62,31} = 7,89 \text{ мм}$$

Метод расчета допусков с учетом точности технологических процессов при изыскании и строительстве автомобильных дорог.

При расчете допусков на геодезические работы, этим методом, используются значения коэффициентов точности технологических процессов их выполнения. Коэффициент точности технологического процесса – это коэффициент соотношения  $T_n$  апостериори ( $T_n = \delta_n/m_\phi$ ) при переходе от фактических среднеквадратических к предельным нормированным погрешностям (допустимым отклонениям), подобный нормируемому множителю  $t$  априори ( $t = \delta/m$ ) при переходе от среднеквадратических к предельным погрешностям ( $t=1,64$  при  $P=0,9$ , а  $t=2,0$  при  $P=0,95$ ).

В работе [6] приведены расчеты по обоснованию допусков на геодезические работы при изыскании и строительстве автомобильных дорог с учетом коэффициентов точности технологических процессов при их выполнении:

- устройства оснований и покрытий -  $T_n=1,0; 1,5; 1,64; 2,0$  и  $2,5$ ;
- детальной разбивки высотных отметок поверхностей оснований и покрытий -  $T_{др}=1,64$  и  $2,0$  с учетом  $T_n=1,0; 1,5; 1,64; 2,0$  и  $2,5$ ;
- выноса высотных отметок пикетов от рабочих реперов -  $T_{вп}=2,0$  с учетом  $T_{др}=1,64$  и  $2,0$  и  $T_n=1,0; 1,5; 1,64; 2,0$  и  $2,5$ ;
- проложение нивелирных ходов с закреплением рабочих реперов  $T_{нх}=2,0$  с учетом  $T_{вп}=2,0; T_{др}=1,64; 2,0$  и  $T_n=1,0; 1,5; 1,64; 2,0$  и  $2,5$ .

Для сравнения допусков, рассчитанных с применением этого метода с ранее рассмотренными, зададимся коэффициентом точности технологического процесса устройства оснований и покрытий автомобильных дорог равным  $T_n=1,64$ . Тогда значение допустимого отклонения (предельной погрешности) детальной разбивки, вычисленное по выражению  $\delta_{др} = 0,61 \cdot \delta_n$ ; согласно работы [7], будет равно  $\delta_{др} = 0,61 \cdot 25 = 15,25 \text{ мм.}$

Таблица 1 - Значения допустимых отклонений ( $\delta$ ) и среднеквадратических погрешностей ( $m$ ) на геодезические разбивочные работы, рассчитанные разными методами

В СНиП 3.06.03-85 [2], при приемке и оценке качества строительных работ на «хорошо» и «отлично», предусмотрено обеспечение допустимых отклонений высотных отметок от проектных с доверительными вероятностями  $P=0,9$  и  $P=0,95$ , тогда точность технологических процессов детальной разбивки можно принять равными  $T_{др}=1,64$  и  $T_{др}=2,0$ .

Величины среднеквадратических погрешностей детальной разбивки высотных отметок, в этом случае составят:

при  $T_{др}=1,64$   $m_{др} = 15,25/1,64 = 9,27 \text{ мм.}$

при  $T_{др}=2,0$   $m_{др} = 15,25/2,0 = 7,63 \text{ мм.}$

Для расчета допустимых отклонений выноса (разбивки) высотных отметок пикетов от рабочих реперов на трассу автомобильных дорог, зададимся точностью технологического процесса выноса высотных отметок пикетов  $T_{вп}=2,0$ , соответствующей доверительной вероятности  $P=0,95$ , и от допусков детальной разбивки высотных отметок перейдем к допускам выноса пикетов от рабочих реперов.

Тогда допустимые отклонения выноса пикетов на трассу автомобильных дорог будут иметь значения:

$$T_n=1,64 \quad T_{др}=1,64 \quad T_{вп}=2,0 \\ m_{вп} = 9,27 \cdot 0,9 = 8,34 \text{ мм.}$$

$$T_{др}=2,0 \quad T_{вп}=2,0 \\ m_{вп} = 7,63 \cdot 0,9 = 6,87 \text{ мм.}$$

При переходе от среднеквадратических погрешностей, к предельным нормируемым множителем, на выполнение геодезических работ  $t$ , принимают, согласно [8], равным 2, 2,5 или 3. Учитывая неизвестность уровня технологий на стадии изысканий автомобильных дорог, примем  $T_{нх}=2,0$ . В этом случае, допуски на геодезические работы при проложении нивелирных ходов будут иметь значения:

$$T_n=1,64 \quad T_{др}=1,64 \quad T_{вп}=2,0 \quad T_{нх}=2,0 \\ m_{нх} = 8,34 \cdot 0,9 = 7,51 \text{ мм.}$$

$$T_{др}=2,0 \quad T_{вп}=2,0 \quad T_{нх}=2,0 \\ m_{нх} = 6,87 \cdot 0,9 = 6,18 \text{ мм.}$$

Допустимые отклонения и среднеквадратические погрешности на детальную разбивку, вынос высотных отметок пикетов и проложение нивелирных ходов вдоль или по трассе автомобильных дорог для обеспечения их высотного положения, рассчитанные разными методами расчета точности, представлены в таблице.

№ п/п	Методы расчета с учетом	Коэффициент точности процесса $T_{\Pi}$	P	Нормированное значение отклонений высотных отметок		Среднеквадратические погрешности геодезических разбивочных работ			
				$\delta_H$ , мм	$m_H$ , мм	$\delta_{др}$ , мм	$m_{др}$ , мм	$m_{ВП}$ , мм	$m_{НХ}$ , мм
1	равного влияния погрешностей	-	0,90	25	15,2	10,20	6,20	6,20	6,20
			0,95	25	12,5	10,20	5,10	5,10	5,10
2	ничтожного влияния погрешностей	-	0,90	25	15,2	12,7	7,72	4,84	3,02
			0,95	25	12,5	12,7	6,35	3,98	2,48
3	с учетом точности технологического процесса устройства оснований и покрытий	$T_{\Pi} = 1,64$ $T_{др} = 1,64$ $T_{ВП} = 2,0$ $T_{НХ} = 2,0$	0,90	25	15,2	15,25	9,27	8,34	7,51
			0,90						
		$T_{\Pi} = 1,64$ $T_{др} = 2,0$ $T_{ВП} = 2,0$ $T_{НХ} = 2,0$	0,95	25	12,5	15,25	7,63	6,87	6,18
			0,95						

Анализ результатов, полученных с применением разных методов расчета допусков разбивочных работ представленный в таблице 2.4, позволяет сделать следующие выводы:

1) при расчете допусков с применением метода, основанного на принципе равного влияния на всех этапах выполнения геодезических работ, получены равные значения норм точности, что противоречит практике при изыскании и строительстве автомобильных дорог;

2) при расчете допусков с применением метода, основанного на принципе ничтожного влияния, получены заниженные значения среднеквадратических погрешностей на вынос высотных отметок пикетов и проложение нивелирных ходов по сравнению с другими методами, а на точность детальной разбивки несколько выше по сравнению с методом их расчета, основанного на принципе равного влияния;

3) при расчете допусков с применением метода с учетом точности технологических процессов, получены значения среднеквадратических погрешностей выше на все этапы выполнения геодезических работ по сравнению с другими методами, то есть точность геодезических работ может быть понижена.

**Заключение.** Приведенный анализ методов расчета допусков при изыскании и

строительстве автомобильных дорог показал, что наиболее обоснованные нормы получены при применении метода с учетом точности технологических процессов устройства их оснований и покрытий, а также достоверных вероятностей обеспечения предельных погрешностей при производстве геодезических работ.

Применение метода расчета допусков с учетом точности технологических процессов позволит снизить затраты на производство работ с обеспечением требуемого качества строительства автомобильных дорог.

**Библиографический список**

- ГОСТ 21778-81 (СТ СЭВ 2045-79). Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Основные положения. – Введ. 1980-12-02. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 9 с.
- СНиП 3.06.03-85. Автомобильные дороги: утв. Комитетом Совета Министров СССР по делам строительства (Госстрой СССР). – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 106 с.
- СП 78.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85 Автомобильные дороги. – М.: Минрегион России, 2012. – 118с.
- Столбов, Ю.В. Обеспечение точности высотного положения оснований и покрытий автомобильных дорог [Текст]: монография / Ю. В. Столбов, С. Ю. Столбова, Д. О. Нагаев. - Омск: СИБАДИ, 2013. – 144с.

5. Левчук, Г.П. Курс инженерной геодезии. Основные виды инженерно-геодезических работ. Геодезические работы при изыскании и строительстве транспортных и промышленных сооружений [Текст]: учебник для вузов. - М.: Недра, 1970. - 408 с.

6. Столбов, Ю.В. Обеспечение точности проложения нивелирных ходов при изыскании и выноса высотных отметок пикетов при строительстве автомобильных дорог / Ю.В. Столбов, С.Ю. Столбова, Л.А. Пронина, И.Е. Старовойтов // Вестник СибАДИ. – 2016. – № 2 (48). – С. 120-125.

7. Столбов, Ю.В. Расчет допусков на геодезические разбивочные работы с учетом точности технологических процессов при изысканиях и строительстве автомобильных дорог / Ю.В. Столбов, С.Ю. Столбова, Л.А. Пронина, И.Е. Старовойтов // Вестник СибАДИ. – 2015. – № 5 (45). – С. 87-92.

8. СП 126.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84 Геодезические работы в строительстве. – М.: Минрегион России, 2012. – 84с.

### ANALYSIS METHODS OF CALCULATION FOR TOLERANCE GEODETIC WORKS IN ROAD CONSTRUCTION TO ENSURE SET THEIR ALTITUDE PROVISIONS

YU.V. Stolbov, S.YU. Stolbova, L.A. Pronina, I.E. Starovoytov

**Abstract.** The analysis methods for calculating allowances for geodetic works in prospecting and building roads to their predetermined height position. Examples of calculation of tolerances for surveying using equal and insignificant influence on the error of the final position of the structures and the method of taking into account the accuracy of technological processes in seeking and building roads. Calculated rate of accuracy of geodetic measurements in the detailed breakdown of marks surfaces of bases and covers, removal of marks pickets of workers frames and laying leveling moves along or on the highway Highway IV, V categories of public and agency using machines set without automatic system keeping predetermined elevations.

**Keywords:** roads, precision manufacturing processes, tolerances on the detailed breakdown of marks, removal of marks on the road pickets of workers frames, laying leveling moves.

### References

1. GOST 21778-81 (ST SJeV 2045-79). Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Основные положения [State standard 21778-81 (ST of SEV 2045-79). System of ensuring accuracy of geometrical parameters in construction. Basic provisions]. Moscow, Izd-vo standartov, 1981. 9 p.

2. SNiP 3.06.03-85. Avtomobil'nye dorogi: utv. Komitetom Soveta Ministrov SSSR po delam stroi-

tel'stva (Gosstroj SSSR) [Construction Norms and Regulations 3.06.03-85]. Moscow, CИTP Gosstroja SSSR, 1985. 106 p.

3. SP 78.13330.2012 Aktualizirovannaja redakcija SNiP 3.06.03-85 Avtomobil'nye dorogi [The joint venture 78.13330.2012 Staticized edition Construction Norms and Regulations 3.06.03-85 Highways]. Moscow, Minregion Rossii, 2012. 118 p.

4. Stolbov, Ju. V. Ensuring the accuracy of the height of the bases and coverings of highways: monograph / Ju. V. Stolbov, S. Ju. Stolbova, D. O. Nagaev. - Omsk: SibADI, 2013. – 144с.

5. Levchuk, G. P. the Course of engineering geodesy. Principal engineering-geodesic works. Surveying work in the search for and construction of transport and industrial structures [Text]: textbook for universities. - M.: Nedra, 1970. - 408 p

6. Stolbov Ju.V., Stolbova S.Ju., Pronina L.A., Starovojtov I.E. Ensuring accuracy of prolozheniya of the levelling courses at research and carrying out of elevation marks of pickets at construction of highways ]. *Vestnik SibADI*, 2016, no 1 (47). pp. 120-125.

7. Stolbov Ju.V., Stolbova S.Ju., Pronina L.A., Starovojtov I.E. Raschet dopuskov na geodezicheskie razbivochnye raboty s uchetom tochnosti tehnologicheskikh processov pri izyskaniyah i stroitel'stve avtomobil'nyh dorog [Calculation of admissions for geodetic marking works taking into account the accuracy of technological processes at researches and construction of highways]. *Vestnik SibADI*, 2015, no 5 (45). pp. 87-92.

8. SP 126.13330.2012 Aktualizirovannaja redakcija SNiP 3.01.03-84 Geodezicheskie raboty v stroitel'stve [The joint venture 126.13330.2012 Staticized edition Construction Norms and Regulations 3.01.03-84 Geodetic works in construction]. Moscow, Minregion Rossii, 2012. 84 p

Столбов Юрий Викторович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры «Геодезия» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: ssu0810@mail.ru).

Столбова Светлана Юрьевна (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой «Нефтегазовое дело, стандартизация и метрология» ФГБОУ ВО «ОмГТУ» (644050, г. Омск, пр. Мира, 11).

Пронина Лилия Анатольевна (Россия, г. Омск) – старший преподаватель кафедры «Кафедры «Геодезии и дистанционного зондирования» ФГБОУ ВО Омский ГАУ (644008, г. Омск, Институтская площадь ).

Старовойтов Илья Евгеньевич (Россия, г. Омск) – аспирант кафедры «Геодезии и дистанционного зондирования» ФГБОУ ВО Омский ГАУ (644008, г. Омск, Институтская площадь, 2 e-mail: ssu0810@mail.ru).

Stolbov Yury Viktorovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of Geodeziya of The Siberian automobile and highway

academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: ssu0810@mail.ru).

*Stolbova Svetlana Yurevna (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, the associate professor, the department chair «Oil and gas business, standardization and metrology» of The Omsk state technical university (644050, Omsk, Mira Ave., 11).*

*Pronina Lilia Anatolyevna (Russian Federation, Omsk) Senior Lecturer of the Department "the Department" Geodesy and Remote Sensing "VPO Omsk GAU )( 644008, Omsk, Institutskaya Square).*

*Starovoytov Ilya Evgenyevich (Russian Federation, Omsk) – graduate student of the Department "Geodesy and Remote Sensing" VPO Omsk GAU (644008, Omsk, Institutskaya Square, 2 e-mails: ssu0810@mail.ru).*

УДК 625.89

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ ПОГРУЖЕНИЯ НАГРЕТЫХ КАМЕНИСТЫХ ЧАСТИЦ В ЛЕДЯНОЙ СЛОЙ ГОРНОЙ ДОРОГИ КЫРГЫЗСТАНА

Ж.Ж.Тургумбаев, Ж.Т.Гапарова

Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова, г.Бишкек, Кыргызстан

**Аннотация.** Статья посвящена борьбе с гололедницей на горной дороге за счет обеспечения надлежащего сцепления горной дороги с колесами транспортных средств. Для увеличения сцепления предлагается образовать на ледяном слое горной дороги каменистую шероховатость путем рассыпки каменистых частиц (щебень, песок, гравий) в нагретом состоянии, которые погружаются в ледяной слой. В работе описаны условия проведения и результаты экспериментальных исследований. Получены экспериментальные зависимости глубины погружения каменистых частиц в ледяной слой дорожного покрытия от температуры нагрева рассыпаемых каменистых частиц для различных фракций каменистых частиц. Определены рациональные значения температуры нагрева каменистых частиц.

**Ключевые слова:** каменистые частицы, ледяной слой, шероховатость, температура нагрева, глубина погружения.

#### Введение

В Кыргызстане расположены самые высокогорные перевальные участки дорог мира. Горные дороги характеризуются крутыми подъемами и спусками, малыми радиусами поворотов в плане. Более двадцати перевалов находятся на высоте свыше 3000 м над уровнем моря. На перевальных участках дороги снежные покровы могут находиться с сентября месяца по май, а в некоторых высокогорных участках снежный покров остается практически круглый год [1]. Анализ динамики аварийности свидетельствует о росте дорожно-транспортных происшествий на горных участках дорог, особенно в зимнее время [2]. В странах СНГ и за рубежом для борьбы с гололедницей используют разбрасывающие машины, реализующие способ рассыпки холодных каменистых частиц (сыпучих материалов с зёрнами размером от 5 мм до 15 мм) на ледяные поверхности дорог [3, 4]. Однако эффективность рассыпки каменистых частиц на перевальных участках горной доро-

ги, имеющих крутые подъемы и спуски, снижается в связи с возрастанием явления отскока и прокатывания каменистых частиц по ледяной поверхности дороги вниз. Наличие уклонов горной дороги уменьшает степень сцепления каменистых частиц с ледяной поверхностью. Такое явление на горной дороге требует частой рассыпки каменистых частиц, что увеличивает стоимость зимнего содержания дорог [5, 6].

В работе излагается предлагаемая технология образования шероховатости на ледяной поверхности горной дороги, суть которой заключается в рассыпке каменистых частиц в нагретом (горячем) состоянии на ледяной слой, которые погружаются в лед, замораживаются и образуют каменистую шероховатость [7]. Определение глубин погружения каменистых частиц в ледяной слой горной дороги при различных температурах и разме-