

**А.Ю. Виноградов, А.А. Ржавцев, О.В. Зубова, В.А. Обязов,
К.А. Фурсов, С.В. Хвалев, М.М. Кадацкая, М.А. Парфенова,
И.А. Виноградов**

АНАЛИЗ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ТРУБНЫХ ПЕРЕХОДОВ НА ДОРОГАХ НИЗШИХ КАТЕГОРИЙ

Введение. Пятая часть всех чрезвычайных ситуаций, произошедших в стране за последние десятилетия – наводнения. По людским и финансовым потерям они удерживают первое место. Подавляющее большинство стихийных бедствий, вызванных наводнениями, возникает по причине неспособности водопропускных сооружений пропустить потоки воды редкой повторяемости.

Ежегодный ущерб от наводнений на территории России оценивается примерно в 50 млрд р. [Аварии..., 2013]. Значительная часть ущерба связана с прекращением внутреннего сообщения между населенными пунктами, вызванного размывами участков дорог, мостовых и трубных переходов. Такие случаи фиксируются повсеместно [Виноградов, 2014; Макарьева и др., 2018; Малышев, 2010]. Большинство имеющихся публикаций посвящено анализу проблем, возникающих в предгорьях, там, где местность характеризуется большими уклонами и, как следствие, интенсивными паводками. Публикации, описывающие наводнения и их последствия на равнинных территориях европейской части России достаточно редки.

Постановка проблемы. Как известно, наводнения в России происходят по двум главным причинам: дружное таяние снегов и ливневые дожди¹. Если водоотводные и водопропускные сооружения спроектированы и построены в соответствии со строительными нормами, а обслуживание их производится в соответствии с рекомендациями проектировщиков, никаких «сюрпризов» быть не должно (табл. 1). Однако чрезвычайные ситуации все же происходят. Попробуем в этом разобраться.

В северную часть Восточно-Европейской, или Русской, равнины входят Новгородская и Ленинградская области. Нами проанализированы чрезвычайные ситуации последних лет, произошедшие в Новгородской обла-

¹ Субботний Рамблер. URL: https://weekend.rambler.ru/read/42428269/?utm_content=weekend_media&utm_medium=read_more&utm_source=copylink

сти. Оказалось, что все наводнения вызваны тем, что водопропускные сооружения не справляются с пропуском воды паводков редкой повторяемости. Это связано с неправильной эксплуатацией и ошибками на этапах инженерно-гидрологических изысканий, проектирования и строительства.

Последние десятилетия все чаще при выпадении осадков, количество которых хотя бы немного выходит за рамки средних значений, фиксируются катастрофические последствия, связанные с наводнениями.

Рассмотрим наводнения, которые происходили в Новгородской области в последние годы. Режимы региональной ЧС последовательно вводились указами губернатора² № 162 от 29.05.2013, № 246 от 01.07.2017, № 144 от 23.04.2018, № 499 от 06.11.2019.

Практически во всех указах имеется один и тот же пункт (п. 8.3): обеспечить в недельный срок проведение мероприятий по прочистке элементов системы водоотвода.

За шесть лет с 2013 по 2019 г. зафиксировано четыре ЧС регионального масштаба. Что привело к такой ситуации? Повторяемость по годовым суммам осадков составила: 2017 г. – 5%, 2019 г. – 19%, 2013 г. – 32%, 2018 г. – 83%.

Повторяемость суточных осадков: 2017 г. – 0,7%, 2019 г. – 16%, 2013 г. – 27%, 2018 г. – 37%.

Таблица 1

Годовая и суточная суммы осадков различной повторяемости
(по данным наблюдений ВФ ГГИ и архива погоды)³

Annual and daily precipitation amounts of varying frequency
(according to observations of the VF GGI and the weather archive)

Осадки		Повторяемость p , %						
		0,5	1	2	5	10	25	50
Годовая сумма, мм	Пирсона III типа	1004	968	929	872	823	742	656
	Нормальное распределение	984	953	918	867	821	744	659
Суточная сумма, мм	Пирсона III типа	120	104	89,5	69,6	55,8	40,1	30,1

² Указ губернатора Новгородской области № 162 от 29.05.2013. URL: <http://docs.cntd.ru/document/460130979>; Указ губернатора Новгородской области № 246 от 01.07.2017. URL: <https://www.lawmix.ru/zakonodatelstvo/2636479>; Указ Губернатора Новгородской области № 144 от 23.04.2018. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Search/Date/region53/vogv?date=04%2F26%2F2018%2000%3A00%3A00>; Указ Губернатора Новгородской области № 499 от 06.11.2019. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/5300201911070002>

³ Архив погоды в Великом Новгороде. URL: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Великом_Новгороде

Как видно из данных табл. 1, ситуация стандартная, за исключением дождевых паводков 2017 г., когда суточная сумма осадков превысила 1%-ю повторяемость, что говорит о запроектном паводке и, в принципе, могло привести к размывам малых дорожных инженерных сооружений. Однако при должном уходе за водоотводными сооружениями этого вполне можно было избежать. Вот как комментируют ситуацию руководители регионального масштаба.

Губернатор А.С. Никитин: «Причины бедствия выясняются, раньше на протяжении последних 50 лет такого никогда не было»⁴.

Заместитель губернатора Новгородской области И.В. Верходанов считает одной из причин наводнений в Новгородской области «пренебрежительное отношение к водосбросу». Первый заместитель руководителя областного департамента транспорта и дорожного хозяйства, начальник управления дорожным хозяйством Ю.М. Евдокимов: «Многие трубоперезезды не соответствуют нормативам, полоса отвода засорена пиловочником. На протяжении нескольких лет кюветы не расчищаются и почти сравнялись с дорогой. Их нужно приводить в нормативное состояние согласно паспортам»⁵. Оставляем за рамками статьи факт слабого владения профессиональными терминами соответствующими отраслевыми руководителями и их компетентность.

Во всех указах губернатора есть пункт, правда всего один, посвященный конкретным производственным вопросам: обеспечить проведение мероприятий по прочистке элементов системы водоотвода. Логично предположить, что необеспечение таких мероприятий и приводит к периодическим проблемам в области, невзирая на четко прописанное конкретное требование руководителя области. Именно оно и не выполняется из года в год, что подтверждается повторением данного пункта в каждом последующем указе.

Полевые исследования. Текущие осмотры дорожных водопропускных сооружений согласно п. 4.1.8 (ГОСТ 33146–2014 Дороги автомобильные общего пользования. Трубы дорожные водопропускные. Методы контроля) должны проводиться эксплуатирующей организацией не реже одного раза в

⁴ Новгородские власти о подтоплении после ливня. URL: <https://regnum.ru/new s/accidents/2295325.html>

⁵ Не только дожди были причиной наводнения в Новгородской области. URL: <https://53news.ru/novosti/30813-ne-tolko-dozhdi-byli-prichinoj-navodneniya-v-novgorodskoj-oblasti.html>

квартал (п. 4.1.7). Обследование технического состояния водопропускных труб (п. 4.1.22) должно выполняться соответствующим образом аттестованными специализированными организациями. Как отмечалось выше, даже при наличии конкретных указаний ответственных чиновников эксплуатирующие организации не занимаются такой работой. Аттестованные организации зачастую аффилированы с эксплуатирующим ведомством. Объективную картину дают лишь независимые обследования научного сообщества и неравнодушных граждан [Логонова, 2006; Черных, Ханов, Бурлаченко, 2018; Кривых, URL].

Опыт обследования малых водопропускных инженерных сооружений на муниципальных, региональных и местных дорогах показывает, что более 2/3 имеет повреждения и до 80% перечисленных сооружений имеет ту или иную степень заиления.

В текущем году сотрудниками кафедры промышленного транспорта СПбГЛТУ обследовано 17 трубных переходов через ручьи автодорог 3-5 категорий во Всеволожском районе Ленинградской области.

Рельеф равнинный, около 5% территории заболочено, 3% занято озерами, 32% территории покрыто лесами⁶. Почти 10% площади района в той или иной степени урбанизировано.

Гидрографическая сеть густая и разветвленная. Преобладающее направление течения рассматриваемых ручьев района – притоков р. Охта – с севера на юг и юго-запад [Ивлев, 1994]. Большинство вытекает из верховых болот, крупнейший – Капральев, площадью водосбора около 10,2 км². Мелиоративная сеть не работает, практически все коллекторы заилены и покрыты древесно-кустарниковой растительностью.

Почвы района относятся к южно-таежной подзоне дерново-подзолистых почв. Основным типом почв являются подзолистые, бедные перегноем и отличающиеся значительной кислотностью. По механическому составу преобладают торфяные почвы – 37,3%, супесчаные – 22,8% и легкосуглинистые – 17,4% [Ивлев, 1994].

Характеристики ручьев представлены в табл. 2. Категория дорог определена согласно табл. 4.1 СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Об-

⁶ Лесной план Ленинградской области на 2019–2028 гг. Федеральное агентство лесного хозяйства, Федеральное государственное бюджетное учреждение «РОСЛЕСИНФОРГ», филиал ФГБУ «РОСЛЕСИНФОРГ» «СЕВЗАП-ЛЕСПРОЕКТ». URL: <https://nature.lenobl.ru/media/docs/15987/Лесной%20план%20Ленинградской%20области.pdf>

следование трубных переходов проводилось согласно требованиям ГОСТ 33146-2014 Трубы дорожные водопропускные. Методы контроля.

Площади водосборов оценивались по картографическим материалам и уточнялись на местности. Расходы заданной повторяемости вычислялись на основании методик, прописанных в ПМП–91, полученные значения максимальных расходов половодья и дождевых паводков сравнивались и согласно требованиям СП 35.13330.2011 Мосты и трубы, п. 5.26 принималось наибольшее расчетное значение.

Таблица 2

**Характеристика исследуемых ВПС Всеволожского района
Ленинградской области**

**Characteristics of the studied VPS of Vsevolozhsky district
of the Leningrad region**

Номер трубы	Площадь водосбора, км ²	Залесен- ность, %	Заболо- ченность, %	Категория дорог	Повторяемость паводка, %	Расчетный расход, м ³ /с
1	0,035	0	0	3	2	2,2
2	0,005	75	40	3	2	0,4
3	0,014	90	20	5	5	3
4	0,048	85	20	5	5	0,85
5	0,02	0	10	4	5	1
7	0,032	90	10	5	5	0,5
8	0,042	85	10	5	5	1,6
9	0,023	85	40	5	5	0,9
10	0,048	0	0	5	5	1,7
11	0,016	0	0	3	2	1,1
12	0,057	0	0	3	2	3
13	0,018	0	0	3	2	2,5
14	0,011	0	10	5	5	0,6
15	0,004	0	0	3	2	0,3
16	0,006	0	0	3	2	0,4
17	0,014	0	0	3	2	0,8
18	6,1	30	20	3	2	7,5

Трубные переходы являются как старыми, так и новыми, построенными в последние годы. Характеристики трубных переходов представлены в табл. 3.

Трубные переходы 1 и 2 проложены на новых строящихся дорогах. В нарушение требований п. 9.4 СП 46.13330.2010 толщина отсыпки составляет 0,05–0,1 м. Входное и выходное отверстия трубы 1 затоплены. Защитные устройства и конструкции отсутствуют. Кюветы заилены.

Дорожные откосы в месте расположения трубы 3 размыты. Русло ручья заросло и заболочено. Труба сильно корродирована, имеются погнуто-сти до 15% площади сечения.

Труба 4 в удовлетворительном состоянии, входное и выходное отверстия укреплены бетонными конструкциями. Русло заболочено и заросло. Труба 5 полностью затоплена. На дорожных откосах в месте расположения трубы обнаружены размывы. Труба 7 в удовлетворительном состоянии. Кювет заросший и заиленный.

Труба 8 без видимых дефектов, со стороны верхнего бьефа заилена, откосы в месте расположения трубы размыты. Трубы 9 и 10 имеют множественные сколы бетона, заилены и засорены, дорога в месте заложения труб размыта.

Отверстие трубы 11 сильно засорено, на дороге размывы. Видимых дефектов на трубе не обнаружено. Труба 12 укреплена защитной бетонной конструкцией. Кювет зарос и заилен.

Труба 13 покрыта коррозией до 20%, кювет засорен и заилен. Труба 14 укреплена защитной бетонной конструкцией. Русло заилено, засорено и заросло. Труба в удовлетворительном состоянии. На проезжей части в месте расположения трубы 15 обнаружены размывы, русло засорено. Входное и выходное отверстия трубы 16 заилены. Труба укреплена защитной бетонной конструкцией, выступающая часть покрыта коррозией.

Труба 17 с легкой формой коррозии, русло заросло и засорено, откосы проезжей части размыты. Труба 18 укреплена защитной бетонной конструкцией с лотками, русло ручья заилено и заросло. На откосах – размывы.

Методика и результаты расчета пропускной способности. Расчет пропускной способности существующих трубных переходов проведен по методикам, прописанным в [Алтунин, 2016; Пособие..., 1992].

Согласно ВСН 176-78, п. 1.8 и СП 35.13330.2011, п. 5.14, отверстия водопропускных труб должны рассчитываться исходя из безнапорного режима работы сооружения. Из обследованных трубных переходов в безнапорном режиме могли работать следующие переходы (табл. 4).

Таблица 3

Характеристика водопропускных труб
Characteristics of culverts

Номер трубы	Местоположение	Вид препятствия	Диаметр отверстия, м	Длина трубы, м	Высота насыпи над трубой, м	Материал	Относительный возраст сооружения
1	Новое Девяткино, автодорога у ЖК Балтика	Вдольдорожный кювет	0,6	5	0,05	Железобетон (ж/б)	Новое
2	Новое Девяткино, автодорога у ЖК Балтика	Вдольдорожный кювет	0,6	5	0,1	Ж/б	Новое
3	Новое Девяткино, автодога у ГК Север	Ручей	0,8	8	0,3	Сталь	Новое
4	Новое Девяткино, автодорога между 41к-065	Ручей	1	8	0,5	Сталь	Старое
5	Новое Девяткино, автодорога между 41к-065	Вдольдорожный кювет	0,6	16	1,1	Ж/б	Старое
7	Новое Девяткино, съезд с автодороги 41к-065	Вдольдорожный кювет	1	6	0,35	Ж/б	Старое
8	Новое Девяткино, съезд с автодороги 41к-065	Вдольдорожный кювет	0,65	6	0,2	Сталь	Новое
9	Новое Девяткино, съезд с автодороги 41к-065	Вдольдорожный кювет	0,6	6	0,35	Ж/б	Старое
10	Кузьмолво, съезд с автодороги 41к-075	Вдольдорожный кювет	0,65	6	0,2	Сталь	Старое
11	Энколово, съезд с автодороги 41к-075	Вдольдорожный кювет	0,25	6	0,1	Ж/б	Новое
12	Энколово, съезд с автодороги 41к-075	Вдольдорожный кювет	0,6	5	0,3	Ж/б	Новое
13	Энколово, съезд с автодороги 41к-316	Вдольдорожный кювет	0,3	8	0,15	Сталь	Новое
14	Энколово, съезд с автодороги 41к-075	Ручей	1	6	0,6	Сталь	Старое
15	Корабсельки, съезд с автодороги 41к-075	Вдольдорожный кювет	0,3	6	0,2	Ж/б	Новое
16	Корабсельки, съезд с автодороги 41к-075	Вдольдорожный кювет	0,6	6	0,25	Сталь	Новое
17	Корабсельки, съезд с автодороги 41к-075	Вдольдорожный кювет	1	8	0,9	Сталь	Старое
18	Новое Девяткино, автодорога между 41к-065	Капральев ручей	1,5	12	1,8	Сталь	Новое

Таблица 4

**Гидравлический расчет трубных переходов,
работающих в безнапорном режиме**

Hydraulic calculation of pipe transitions operating in non-pressure mode

Номер трубы	D , м	Q , м ³ /с	$Q_{п}$, м ³ /с	k , м	H , м	$\Delta_{б п}$, м
2	0,6	0,4	0,34	0,7	0,62	0,08
4	1,0	0,85	0,88	1,5	0,84	0,66
7	1,0	0,5	0,64	1,35	0,68	0,67
14	1,0	0,6	0,72	1,6	0,73	0,87
16	0,6	0,4	0,34	0,85	0,62	0,23
17	1,0	0,8	0,85	1,9	0,82	1,08

Условные обозначения к табл. 4–7: D – существующий диаметр трубы; $\Delta_{б п}$ – возвышение бровки полотна над подпертым уровнем в верхнем бьефе; H – напор перед трубой; Q – расчетный расход заданной повторяемости; $Q_{п}$ – пропускная способность трубы; k – возвышение бровки полотна над основанием трубы.

В напорном режиме возможна эксплуатация еще двух переходов (табл. 5).

Таблица 5

Гидравлический расчет трубных переходов, работающих в напорном режиме

Hydraulic calculation of pipe transitions operating in pressure mode

Номер трубы	D , м	Q , м ³ /с	$Q_{п}$, м ³ /с	k , м	H , м	$\Delta_{б п}$, м
9	0,6	0,9	0,76	0,95	0,84	0,11
18	1,5	7,5	7,95	3,3	2,1	1,20

Трубные переходы 1, 3, 5, 8, 10–13, 15 (см. табл. 3) априори справиться с расчетным паводком не смогут. Все перечисленные переходы, кроме 5 и 10, являются новыми. Причины следующие. Как уже было отмечено, большинство сооружений, построенных в новейшее время, не только не имеют запаса прочности, но не способны работать даже в штатном режиме при пропуске паводков редкой обеспеченности. В первую очередь, это связано с низкой квалификацией изыскателей и проектировщиков, а также качеством расчетных методик расходов воды редкой повторяемости.

Проведем расчет типовых размеров бетонных труб для переходов, которые на данный момент не пригодны к эксплуатации.

Назначаем размер трубы из условия пропуска расчетного расхода в безнапорном режиме с допустимой степенью заполнения трубы на входе $h_{вх}/d \leq 1$.

По табл. 2.1 из [Алтунин, 2016] находим параметр расхода Θ при $h_{\text{вх}}/d = 1$. Минимальный размер трубы будет равен

$$D_* = \left(\frac{Q}{\Theta \sqrt{g}} \right)^{2/5}.$$

Принимаем ближайший больший типовой диаметр бетонной трубы (табл. 6).

Таблица 6

Расчет типовых размеров труб на переходах с трубами, не пригодными к эксплуатации в существующем виде

Calculation of typical pipe sizes at junctions with existing pipes that are not suitable for use in their current form

Номер трубы	1	3	5	8	10	11	12	13	15
Q , м ³ /с	2,2	3	1	1,6	1,7	1,1	3	2,5	0,3
D , м	0,6	0,8	0,6	0,7	0,7	0,3	0,6	0,3	0,3
D_* , м	1,5	1,5	1	1,25	1,25	1	1,5	1,5	0,6

Анализ состояния трубных переходов. Минимальная разница между возвышением бровки дорожного полотна и подпертым уровнем в верхнем бьефе должна быть не менее 0,5 м (табл. 7).

Бровка земляного полотна на подходах к трубам должна быть не менее чем на 0,5 м выше отметки подпорного уровня, определяемого по наибольшему расходу⁷ – ГОСТ 33384–2015, п. 6.11 и РСН–88 (с изм. 1990 г.), ч. 8, п. 6.42].

Наименьшую толщину засыпки над звеньями труб принимают равной 0,5 м до низа дорожной одежды на дорогах и улицах городов и поселков⁸.

Согласно СП 34.13330.2012, п. 7.11, для обеспечения устойчивости и прочности верхней части земляного полотна и дорожной одежды в пределах II дорожно-климатической зоны возвышение поверхности покрытия над расчетным уровнем кратковременно (менее 30 сут.) стоящих поверхностных вод должно составлять 1,2 м.

С этой точки зрения, ГОСТ 33384–2015 соответствуют только трубные переходы 4, 7, 14, 17 и 18.

⁷ Методические рекомендации по применению металлических гофрированных водопропускных труб. Утв. распоряж. Росавтодора № ОС-542-р от 17.06.2002 г., п. 1.14.

⁸ Методические указания по проектированию и строительству металлических гофрированных труб на автомобильных дорогах / сост. А.Г. Малофеев, И.А. Шевцова, В.С. Акимова, Н.Н. Щетинина. Омск: Изд-во СибАДИ, 2011. 50 с.

Таблица 7

Параметры укладки труб
Pipe laying parameters

Номер трубы	D , м	k , м	H , м	$\Delta_{б.п.}$, м
2	0,6	0,7	0,62	0,08
4	1,0	1,5	0,84	0,66
7	1,0	1,35	0,68	0,67
9	0,6	0,95	0,84	0,11
14	1,0	1,6	0,73	0,87
16	0,6	0,85	0,62	0,23
17	1,0	1,9	0,82	1,08
18	1,5	3,3	2,1	1,20

По результатам обследования, согласно п. 4.6.2, 4.6.5 ГОСТ 33146–2014 составлена таблица дефектов (табл. 8). Общая оценка технического состояния сооружения назначена в балльной системе согласно п. 4.6.6.

Таблица 8

Оценка технического состояния сооружения
согласно требованиям ГОСТ 33146–2014

Assessment of the technical condition of the structure in accordance
with the requirements of GOST 33146–2014

Но- мер трубы	Состояние насыпи	Целостность трубы	Деформа- ции	Водоотве- дение	Состо- яние русла	Заиле- ние	Состояние сооруже- ния
1	3	1	1	3	1	3	3
2	3	1	1	1	1	1	3
3	2	2	3	2	1	2	3
4	1	1	1	2	2	3	3
5	2	2	1	3	3	3	3
7	2	1	1	2	2	3	3
8	3	1	1	1	1	2	3
9	1	2	1	2	2	3	3
10	1	2	1	2	2	3	3
11	2	1	1	2	2	2	2
12	2	1	1	2	2	2	2
13	2	1	1	2	2	2	2
14	1	1	1	3	2	3	3
15	2	1	1	2	1	2	2
16	2	1	1	2	2	2	2
17	1	1	1	2	2	3	3
18	1	1	1	2	2	3	3

В таблице: 1 – малозначительные, 2 – значительные, 3 – критические дефекты.

По результатам обследования ограниченно-работоспособное состояние принимается только у трубных переходов 11–13 и 15, 16. Однако эти переходы не пропускают паводок заданной повторяемости.

Всем критериям соответствует только переход 16 при условии проведения на нем регламентных работ.

Правила заложения трубных переходов. Важным моментом является правильность установки трубы относительно отметки дна. При этом ни в одном регламентном документе не сказано, каким образом следует проводить установку.

Между тем значимым тут является не только заложение нижнего обреза трубы относительно дна, но и уклон заложения. Увеличение уклона (см. рисунок, *а*) приведет к дополнительному увеличению скорости потока на выходе из трубы и размыву в нижнем бьефе.

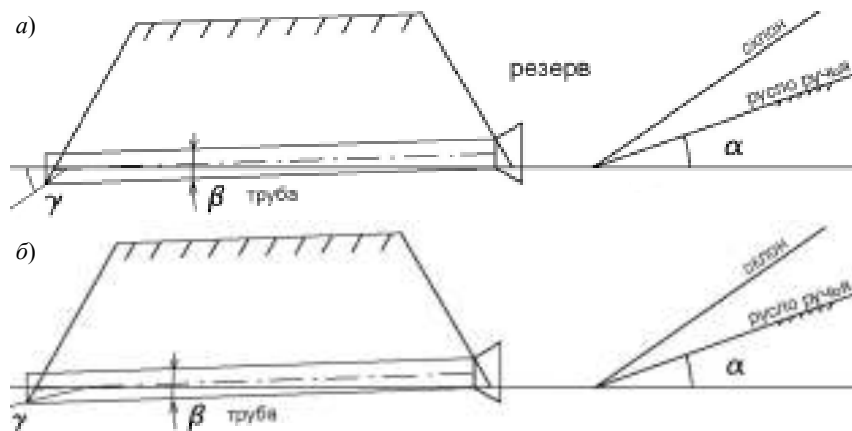
Уменьшение уклона – заилению трубы (см. рисунок, *б*). На дорогах категорий 1–5 заиление не должно превышать 0,1 диаметра трубы [Алтунин, 2016].

К заилению приводят строительные недоборы или переборы по глубине, искажающие продольный профиль водотока.

Согласно п. 4.4.1.7 ГОСТ 33384–2015 причинами отложения наносов являются просадки тела трубы из-за отсутствия строительного подъема при устройстве тела трубы, заглубление трубы в целом при ее возведении ниже уровня естественного лога, отрицательный или недостаточный уклон тела трубы, отсутствие дополнительного крепления дна при увеличении уклонов.

Необходимость крепления дна на входе и выходе малых водопропускных сооружений определяется местным сужением, вызванным фиксированным сечением трубы, увеличением скорости потока при прохождении через сооружение при условии отсутствия подпора со стороны нижнего бьефа и замедлением ее при наличии такового. При расчетах размыва предельную устойчивость грунта на дне потока, при которой не происходит срыва отдельных частиц грунта, рекомендуется оценивать достигнутым потоком значением средней неразмывающей скорости v_n . При превышении средней скоростью потока этого значения начинается срыв донных отложений, приводящий к разрушению устойчивости поверхностного слоя грунта [Кадацкая и др., 2019; Виноградов и др., 2019].

Крепление входных и выходных участков трубных переходов следует определять по средним скоростям течения воды, допустимым для грунта русла (см. п. 5.27 СП 35.13330.2011).



Изменение естественного уклона русла ручья при заложении трубы:

- а) $\alpha < \gamma$, естественный уклон увеличен, происходит размыв после трубы;
- б) $\alpha > \gamma$, естественный уклон уменьшен, происходит заиление

Changing the natural slope of the stream bed when laying the pipe:

- а), the natural slope is increased, washout occurs after the pipe;
- б), the natural slope is reduced, siltation occurs

В общем случае дно малых водотоков – ручьев и канав при отсутствии русловых микроформ является довольно устойчивым. Изменение уклона на подходе и выходе из трубы приводит к заилению или размыву.

Вывод. По результатам исследования из 17 трубных переходов на автодорогах категорий 3–5 требованиям безопасной эксплуатации соответствует только один, т. е. 6% от числа обследованных.

С учетом некавалифицированных расчетов паводков редкой повторяемости, ошибок при проектировании и строительстве трубных переходов, отсутствия регламентных работ на трубных переходах опасность повторения таких ЧС, как в Новгородской области в 2013, 2017, 2018 и 2019 гг., резко возрастает.

Для предотвращения затопления территорий и, как следствие, минимизации ущерба от их последствий необходимо в кратчайшие сроки обеспечить комплекс мер по содержанию в удовлетворительном состоянии водопропускных сооружений, пригодных по результатам обследования к эксплуатации, а также провести реконструкцию ВПС, не соответствующих требованиям нормативных документов.

Библиографический список

Аварии на мостовых переходах, или как не надо строить / А.Ю. Виноградов. СПб.: СПбГЛТУ, 2013. 116 с.

Алтунин В.И., Суэтина Т.А., Черных О.Н. А Гидравлические расчёты водопропускных труб на автомобильных дорогах: учеб. пособие, М.: МАДИ, 2016. 92 с.

Виноградов А.Ю. Анализ пропускной способности некоторых мостовых и трубных переходов предгорных районов Краснодарского края // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». 2014. № 4.

Виноградов А.Ю., Кадацкая М. М., Бирман А.Р., Виноградова Т.А., Обязов В.А., Кацадзе В.А., Угрюмов С.А., Бачериков И.В., Коваленко Т.В., Хвалев С.В., Парфенов Е.А. Расчёт неразмывающих скоростей водного потока на высоте верхней границы пограничного слоя // Resources and Technology. 2019. № 16 (3). С. 44–60, ISSN 2307-0048.

Ивлев В.В. Всеволожский район Ленинградской области: историко-географический справочник. СПб., 1994.

Кадацкая М.М., Виноградов А.Ю., Кацадзе В.А., Беленький Ю.И., Бачериков И.В., Хвалев С.В., Каляшов В.А. Анализ методов расчета неразмывающей скорости при проектировании водопропускных и водоотводных сооружений лесного хозяйства // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2019. Вып. 227. С. 174–187. DOI: 10.21266/2079-4304.2019.227.174-187

Кривых М. Вина бобров не доказана: разбираем причины размыва дорог в Любытинском и Крестецком районах. URL: <https://news.novgorod.ru/articles/read/700.html>.

Логинова О.А. Оценка надежности водопропускных труб: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.11. М., 2006. 181 с.

Макарева О.М., Нестерова Н.В., Бельдиман И.Н., Лебедева Л.С. Актуальные проблемы гидрологических расчетов в арктической зоне Российской Федерации и сопредельных территориях распространения многолетней мерзлоты // Проблемы Арктики и Антарктики. 2018. Т. 64, № 1. DOI: 10.30758/0555-2648-2018-64-1-101-118

Мальшиевич Б.Н. Вопросы защиты территорий от паводков и половодий // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. Краснодар, 2010. № 61. С. 127–135.

Пособие по гидравлическим расчетам малых водопропускных сооружений / под ред. Волченкова. М., 1992.

Черных О.Н., Ханов Н.В., Бурлаченко А.В. Заиливание трубчатых водопропускных сооружений из гофрированного металла // Строительство и архитектура. 2018. № 1.

References

Accidents on bridge crossings, or how not to build / A. Vinogradov. St. Petersburg: SpbFTU, 2013. 116 p.

Altunin, V.I., Suetina T.A., Chernykh O.N. Hydraulic calculations of culverts on highways: textbook. manual. Moscow: MADI, 2016. 92 p.

Chernykh O.N., Khanov N.V., Burlachenko A.V. Silting of tubular culverts made of corrugated metal. *Construction and architecture*, 2018, no. 1.

Handbook of hydraulic calculations of small vodoprovodchik structures, Ed. Volchenkova, 1992.

Ivlev V.V. Vsevolozhsky district of the Leningrad region. Historical and geographical reference. St. Petersburg. 1994

Kadatskaya M.M., Vinogradov A.Yu., Katsadze V.A., Belenkiy Yu.I., Bacherikov I.V., Hvalev S.V., Kalyashov V.A. Analysis of methods for calculating non-eroding speed in the design of culverts and drainage forestry facilities. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii*, 2019, is. 227, pp. 174–187. DOI: 10.21266/2079-4304.2019.227.174-187. (In Russ.)

Krivykh M. The fault of beavers is not proven: we analyze the causes of road blurring in Lyubytinsky and Krestetsky districts. URL: <https://news.novgorod.ru/articles/read/700.html>

Loginova O.A. Assessment of reliability of culverts: dis. ... kand. tehn. science: 05.23.11. Moscow, 2006 181 p.

Makarieva O.M., Nesterova N.V., Beldiman I.N., Lebedeva L.S. Actual problems of hydrological calculations in the Arctic zone of the Russian Federation and adjacent territories of permafrost distribution. *Problems of the Arctic and Antarctic*, 2018, vol. 64, no. 1. DOI: 10.30758/0555-2648-2018-64-1-101-118.

Malyshovich B.N. Questions of protection of territories from floods and high water. *Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*, 2010, no. 61, pp. 127–135.

Vinogradov A. Analysis of the capacity of some bridge and pipe crossings in the foothills of the Krasnodar territory. *Bulletin of Moscow state University. Series «Natural Sciences»*, 2014, no. 4.

Vinogradov A.Yu., Kadatskaya M.M., Burman A.R., Vinogradova T.A., Obyazov V.A., Katsadze V.A., Ugryumov S.A., Bacherikov I.V., Kovalenko T.V., Khvalev S.V., Parfenov E.A. Calculation of non-eroding water flow rates at the height of the upper boundary of the boundary layer. *Resources and Technology*, 2019, no. 16 (3), pp. 44–60. ISSN 2307-0048.

Материал поступил в редакцию 31.09.2020

Виноградов А.Ю., Ржавцев А.А., Зубова О.В., Обязов В.А., Фурсов К.А., Хвалев С.В., Кадацкая М.М., Парфенова М.А., Виноградов И.А. Анализ пропускной способности трубных переходов на дорогах низших категорий // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2020. Вып. 232. С. 152–168. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.232.152-168

Рассмотрен анализ работы водопропускных сооружений на региональных дорогах Ленинградской области. Обозначены основные проблемы, связанные с неудовлетворительной работой трубных переходов, приведены примеры последствий с оценкой ущерба. Проведены полевые обследования трубных переходов во Всеволожском районе Ленинградской области. Выявлено, что около 50% водопропускных сооружений не пригодны к эксплуатации, соответственно могут стать причиной затопления территорий, остальные ограниченно пригодны. Даны рекомендации по содержанию и реконструкции трубных переходов для предотвращения чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: водопропускные сооружения, металлические и железобетонные трубы, заилиние, надёжность работы, дефекты, пропускная способность

Vinogradov A.Y., Rzhavtsev A.A., Zubova O.V., Obyazov V.A., Fursov K.A., Hvalev S.V., Kadatskaya M.M., Vinogradov I.A., Parfenova M.A. Analysis of throughput of pipe crossings on lower categories of roads. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehniceskoj Akademii*, 2020, is. 232, pp. 152–168 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2020.232.152-168

The article analyzes the operation of culverts on regional roads in the Leningrad region. The main problems associated with unsatisfactory operation of pipe crossings are identified, and examples of consequences with damage assessment are given. In this work, field surveys of pipe crossings in the Vsevolozhsky district of the Leningrad region were conducted. As a result, it was found that about 50% of culverts are not suitable for operation, respectively, they can cause flooding of territories, while the rest are of limited use. Recommendations are given on the maintenance and reconstruction of pipe crossings to prevent emergencies.

Keywords: culverts, metal and reinforced concrete pipes, silting, reliability, defects, throughput.

ЗУБОВА Оксана Викторовна – доцент кафедры промышленного транспорта Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, кандидат технических наук.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: ok_z19@mail.ru

ZUBOVA Oksana V. – PhD (Technical), St.Petersburg State Forest Technical University.

194021. Institute per. 5. St. Peterburg. Russia. E-mail: ok_z19@mail.ru

ВИНОГРАДОВ Алексей Юрьевич – профессор кафедры промышленного транспорта Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, директор ООО НПО «Гидротехпроект», доктор технических наук.

199178, 14-я линия В.О., д. 97, лит. А, пом. 3-Н, Санкт-Петербург, Россия; 194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия E-mail: info@npogtp.ru

VINOGRADOV Alexey Yu. – DSc (Technical), Scientific and Industrial Research Association Gidrotehproekt, Valday, Russia.

199178. St. Petersburg. 14-ya Liniya V. O. 97. Lit. Ah, POM. 3-N; 194021. Institute per. 5. St. Peterburg. Russia. E-mail: info@npogtp.ru

РЖАВЦЕВ Андрей Аркадьевич – доцент кафедры промышленного транспорта Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, кандидат технических наук.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: andrey.rz961@gmail.com

RZHAVTSEV Andrei A. – PhD (Technical), St.Petersburg State Forest Technical University.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: andrey.rz961@gmail.com

ОБЯЗОВ Виктор Афанасьевич – технический директор ООО НПО «Гидротехпроект», доктор географических наук.

199178, 14-я линия В.О., д. 97, лит. А, пом. 3-Н, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: info@npogtp.ru

OBYAZOV Viktor A. – DSc (Geography), Scientific and Industrial Research Association Gidrotehproekt, Valday, Russia.

199178. 14-ya Liniya V.O. 97. Lit. Ah. POM. 3-N. St. Petersburg. Russia. E-mail: info@npogtp.ru

ФУРСОВ Кирилл Андреевич – студент Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: kiraf00rs@yandex.ru

FURSOV Kirill A. – student, St.Petersburg State Forest Technical University.

194021. Institute per. 5. St. Peterburg. Russia. E-mail: kiraf00rs@yandex.ru

ПАРФЕНОВА Маргарита Алексеевна – инженер 2 категории ООО НПО «Гидротехпроект».

199178, 14-я линия В.О., д. 97, лит. А, пом. 3-Н, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: info@npogtp.ru

PARFENOVA Margarita A. – Scientific and Industrial Research Association Gidrotehproekt, Valday.

199178, 14-ya Liniya V. O. 97. Lit. Ah, POM. 3-N. St. Petersburg. Russia.
E-mail: info@npogtp.ru

ВИНОГРАДОВ Иван Алексеевич – инженер 2 категории ООО НПО «Гидротехпроект».

199178, 14-я линия В.О., д. 97, лит. А, пом. 3-Н, Санкт-Петербург, Россия.
E-mail: info@npogtp.ru

VINOGRADOV Ivan A. – Scientific and Industrial Research Association Gidrotehproekt, Valday, Russia.

199178, 14-ya Liniya V.O. 97. Lit. Ah, POM. 3-N. St. Petersburg. Russia.
E-mail: info@npogtp.ru

ХВАЛЕВ Сергей Валентинович – ООО НПО «Гидротехпроект». SPINкод: 7846-5937.

199178, 14-я линия В.О., д. 97, лит. А, пом. 3-Н, Санкт-Петербург, Россия.
E-mail: info@npogtp.ru

HVALEV Sergei V. – Research and Production Association «Gidrotehproekt». SPIN-code: 7846-5937.

199178, 14-ya Liniya V.O. 97. Lit. A. Pom. 3-N. St. Petersburg. Russia.
E-mail: info@npogtp.ru

КАДАЦКАЯ Мария Михайловна – начальник гидробиологической группы ООО НПО «Гидротехпроект».

199178, 14-я линия В.О., д. 97, лит. А, пом. 3-Н, Санкт-Петербург, Россия.
E-mail: info@npogtp.ru

KADATSKAYA Mariya M. – Scientific and Industrial Research Association Gidrotehproekt, Valday, Russia.