

УДК 624.13;826/627

**И.В. Шумаков**, доктор технических наук, профессор,

заведующий кафедрой технологии строительного производства;

**Ю.В. Фурсов**, кандидат технических наук, доцент кафедры архитектуры зданий

и сооружений и дизайна архитектурной среды;

**О.А. Гринчук**, аспирант;**И.И. Ляхов**, аспирант;

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, г. Харьков

## К ВОПРОСУ О НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ДРЕНАЖЕЙ

**Аннотация.** Изложены результаты обследований дренажных систем по параметрам надежности, экспериментальных исследований прочностных и фильтрующих характеристик дренажных труб из полимерных материалов. Приведены данные с учетом длительной эксплуатации дренажа подобного типа. Определены методологические закономерности и построены многофакторные модели влияния факторов на параметры продолжительности и трудоемкости работ по устройству дренажей из полимерно-волоконистых труб.

**Ключевые слова:** инженерная подготовка, дренаж, полимерные трубофильтры, качество.

**Постановка проблемы.** Инженерная защита зданий и сооружений от подтопления предусматривает устройство дренажных систем, надежность эксплуатации которой во многом обеспечивает продолжение жизненного цикла объекта. Интенсивность исследований в данном проблемном поле за последние годы свидетельствуют о том, что процессы подтопления территорий имеют необратимый характер и динамично прогрессируют [1].

Большинство причин этих процессов связано с неблагоприятными техногенными воздействиями, среди которых: зарегулированность рек и ручьев, приводящая к снижению скорости стока, кольматации и уменьшению дренирующей способности русла; барражный эффект; нарушение поверхностного стока; увеличивающиеся потери водонесущих городских коммуникаций; конденсационные процессы в зоне аэрации из-за асфальтных покрытий и увеличения площади застройки; нерегулируемый полив зеленых насаждений, увеличивающий питание грунтовых вод. Процессы подтопления являются комплексным, поэтому к последствиям природно-техногенного характера следует добавить снижение надежности функционирования дренажных систем из-за различных дефектов и повреждений, появившихся на разных этапах их жизненного цикла. В инженерной практике преобладают дефекты и повреждения горизонтальных дренажных систем зданий. При проектировании встречается использование результатов опытных и изыскательских работ недостаточных объемов, ошибки расчетов и выбора конструкций дренажа, фильтрующих материалов, схем дренирования.

### Анализ последних исследований и публикаций.

В последние десятилетия интенсивно развивается уплотнительная городская застройка с осуществлением комплекса мероприятий по инженерной подготовке территорий. Тематика защиты от подземных вод нашла отражение в работах С.К. Абрамова [2, 3], Г.И. Клиориной [4], Г. Г. Стрижельчика [5], В.И. Миронова [6], Ф.Ф. Беглова [7], R.K. Rowe [10], M. Brune [11], V. Pedroso [12]. Исследователи затрагивают проблемы регулирования подземных и по-

верхностных вод — основного динамического фактора геологической среды. Проведенные исследования упомянутых авторов комплексно отражают затронутую проблематику, но в настоящее время нет научного обоснования возможности применения "идеальных дрен", в частности, по группе полимерных трубофильтров. Не исследованы также фильтрационные характеристики полимерных трубофильтров, нет данных об их изменении в результате длительной эксплуатации на реальных объектах, не выполнялось научно обоснованное прогнозирование параметров технологического процесса устройства дренажей из полимерных труб.

**Цель статьи:** исследование факторов воздействия на параметры технологического процесса устройства трубных дренажей и прогнозирование параметров продолжительности, трудоемкости, фильтрационных характеристик дренажных трубофильтров из полимерных материалов.

**Изложение основного материала.** Площади естественного и техногенного подтопления в отдельные периоды охватывают до 12% территории Украины. По данным экспертов количество городов и населенных пунктов Украины, где наблюдались стойкие проявления подтопления за период 1991–2014 гг. возросло до 785, а общая площадь подтопленных территорий в этих городах и населенных пунктах постоянно увеличивается [1, 5].

Устройству дренажных систем часто сопутствуют отклонения фракций, низкое качество фильтрующего материала, его засорение; несоблюдение профиля обсыпки; дефекты изготовления дренажных элементов; механические повреждения элементов при транспортировке, складировании и монтаже; несоблюдение технологии заделки стыков; несоблюдение проектных уклонов; замена грунта обратной засыпки.

К природным воздействиям можно отнести динамику гидрогеологической ситуации территории дренирования; просадки грунта с негативными изменениями уклонов и с последующим разрушением стыков и горизонтальных дрен; снижение проницаемости при уплотнении грунта; засорение дрен корневыми тканями; химическую коррозию; естествен-

ный износ элементов дренажной системы.

Повышению надежности работы дренажей способствуют учет и прогнозирование параметров эксплуатируемых зданий, расположенных поблизости, особенно при уплотнительной застройке; разработка и применение проектов производства работ и технологических регламентов дренажа; соблюдение периодичности технических осмотров, очистки, промывки, зимнего утепления выпусков и колодцев.

Организационные и технологические решения проекта производства работ (ППР) не всегда базируются на современных методах выполнения работ, причем основные технологические операции, механизация и трудовые ресурсы зачастую не оптимизируются. Отсутствие или халатное выполнение функций входного, операционного и приемочного контроля оказывает негативное воздействие на соблюдение проектных решений при выполнении работ.

Рассмотрим некоторые характерные ситуации при устройстве дренажных систем. Отступления от технологии устройства дренажа возникают при проведении земляных работ — важна устойчивость откосов, особенно если они почти вертикальны и не закреплены: вероятны сползания части откосов в щебено-

ный массив обсыпки дренажа с засорением грунтом фильтрующего материала. В данной ситуации обязательны: выемка части уложенного засоренного щебеночного материала; проведение работ по уменьшению крутизны откоса; промывка засоренного щебня с повторным использованием (рис. 1).

Укладка и выравнивание фильтрующих материалов по оси горизонтального дренажа предусматривает выполнение слоев обсыпки по заданным размерам и толщинам, а качество таких работ обеспечивает стабильность параметров фильтрации. Но если песчаную призму можно лабораторно протестировать (гранулометрический состав, коэффициент фильтрации), то толщину слоя обсыпки контролируют мерным шаблоном. При этом часто таким методом пренебрегают, ссылаясь на резерв надежности применяемых импортных труб, геотекстиля и т.д. (рис. 2). Как видно из примера, ни по оси дрен, ни по высоте обсыпки нет соответствия существующим нормам (коэффициент неоднородности обсыпки не более 10).

Дефекты дренажа также связаны с использованием ненормируемых материалов в качестве обратной засыпки (строительный мусор, гранотсев), что способствует засорению и кольматации фильтрующей обсыпки (рис. 3).

Один из естественных факторов, влияющих на нарушение гидравлического режима в дренах, связан с проникновением корневых тканей в полость труб (рис. 4).

С учетом того, что описанные и другие подобные ситуации влияют на эффективность функционирования дренажей, возникает потребность в новых конструктивных решениях, способных уменьшать такое влияние. В частности, перспективным является применение трубофильтров из полимерно-волоконистых материалов (ПВМ) с высокой водопроницаемостью, низким гидравлическим сопротивлением, высокой степенью регенерации и экологичности; регулируемым изменением пористости фильтрующего элемента. Наблюдения за образцами ПВМ-трубофильтров, которые эксплуатировались более 10 лет, показали снижение показателя фильтрации на 7 % (рис. 5).



Рис. 1. Засорение грунтом фильтрующей обсыпки

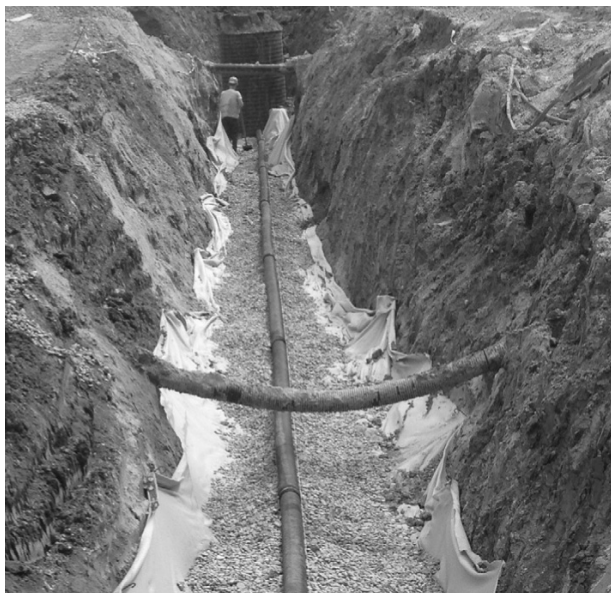


Рис. 2. Технологические нарушения при формировании щебеночной фильтрующей обсыпки с обертыванием геотекстилем



Рис. 3. Попадание ненормируемых материалов в грунт обратной засыпки

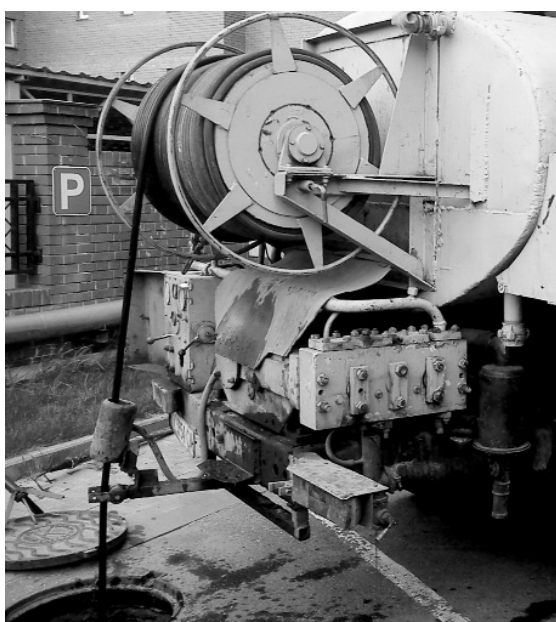


Рис. 4. Прочистка засоренной корневыми тканями дренажной трубы



Рис. 5. Образцы ПВМ-трубофильтров после 10-летней эксплуатации

На основании проведенного анализа влияния различных факторов на параметры технологического процесса устройства строительных дренажей из ПВМ-трубофильтров было предложено построить модели продолжительности, и удельной трудоемкости работ в зависимости от факторов: степень совмещения работ, влажность грунта, стесненность стройплощадки, площадь дренирования, качество подготовки ложа, уровень механизации работ, сезонность и

атмосферные условия, показатель ожидания конструкций перед монтажом, оборачиваемость складских площадей, обеспеченность процесса выверочными приспособлениями. Методика разработки модели — исследование влияния изменения изучаемого результирующего фактора  $Y$  в ответ на изменение определяющих его факторных признаков  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ). В результате были получены такие зависимости (рис. 6):

**Многофакторная регрессионная модель зависимости продолжительности дренажных работ (Т) от влияющих организационно-технологических факторов**

**Расчетные значения конечной модели**

	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика (Стьюдента)	P-Значение	Доверительные интервалы	
					Нижние 95%	Верхние 95%
Y-пересечение	-128.902	90.089	-1.431	0.1830	-329.633	71.829
X2	106.262	16.032	6.628	0.0001	70.540	141.984
X9	-169.199	50.314	-3.363	0.0072	-281.306	-57.093
X11	305.038	61.029	4.998	0.0005	169.058	441.019



**Итоговые значения параметров модели при пошаговом исключении переменных**

Модель:			
$\hat{y}_i = -128,9 + 106,3x_2 - 169,2x_9 + 305,04x_{11}$			
Коэффициент множественной корреляции R	Коэфф. детерминации $R^2$	Критерий Фишера (F-критерий)	Стандартная ошибка аппроксимации
0.983	0.967	96,26 > (F <sub>табл</sub> =3,71)	5,9

X2 - влажность грунта в условиях производства работ;  
 X9 - соотношение угла откоса к глубине заложения;  
 X11- степень обеспеченности процесса выверочными приспособлениями

а)

Рис. 6. Результаты моделирования параметров продолжительности (а) и удельной трудоемкости (б) работ

**Многофакторная регрессионная модель зависимости продолжительности дренажных работ (Г) от влияющих организационно-технологических факторов**

**Расчетные значения конечной модели**

	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика (Стьюдента)	P-Значение	Доверительные интервалы	
					Нижние 95%	Верхние 95%
Y-пересечение	-128.902	90.089	-1.431	0.1830	-329.633	71.829
X2	106.262	16.032	6.628	0.0001	70.540	141.984
X9	-169.199	50.314	-3.363	0.0072	-281.306	-57.093
X11	305.038	61.029	4.998	0.0005	169.058	441.019

**График экспериментальных и расчетных данных по продолжительности работ**



**Итоговые значения параметров модели при пошаговом исключении переменных**

Модель:			
$\hat{y}_i = -128,9 + 106,3x_2 - 169,2x_9 + 305,04x_{11}$			
Коэффициент множественной корреляции R	Коэфф. детерминации и R <sup>2</sup>	Критерий Фишера (F-критерий)	Стандартная ошибка аппроксимации
0.983	0.967	96,26 > (F <sub>табл</sub> =3,71)	5,9

X2 - влажность грунта в условиях производства работ;  
 X9 - соотношение угла откоса к глубине заложения;  
 X11- степень обеспеченности процесса выверочными приспособлениями

б)

Рис. 6. Результаты моделирования параметров продолжительности (а) и удельной трудоемкости (б) работ

**Выводы:**

Эффективность работы дренажа во многом зависит от организационно-технологических и конструктивных решений, способствующих повышению надежности. Исследованы характерные дефекты и повреждения дренажей, возникающие на разных стадиях производства работ и эксплуатации. Для повышения долговечности функционирования дренаж-

ных систем предложено использовать ПВМ-трубофильтры. Получены данные о незначительном снижении их эксплуатационных показателей после 10 лет эксплуатации. Выполнено моделирование технологических параметров процесса устройства дренажей из полимерно-волоконистых труб. Получены зависимости, отражающие влияние доминирующих факторов на продолжительность и удельную трудоемкость работ.

**Литература**

1. Правила експлуатації споруд інженерного захисту територій населених пунктів від підтоплення : затверджено наказом Мінрегіонбуд України №23 від 16.01.2012 / Офіційний вісник України. — Київ : ДП "Українська правова інформація", 2012. — № 13. — С. 117.
2. Абрамов С.К. Подземные дренажи в промышленном и городском строительстве / С.К. Абрамов: Изд. 3-е, перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1973. — 280 с.
3. Дренаж промышленных площадок и городских территорий / С.К. Абрамов, Л.Р. Найфельд, О.Б. Скиргелло; ред. С.К. Абрамов. — М.: Гос. изд-во лит. по стр-ву и архитектуре, 1954. — 426 с.
4. Клиорина Г.И. Дренаж территории настройки / Г.И. Клиорина. — СПб.: СПбГАСУ, 2006. — 207 с.
5. Подтопление в населенных пунктах Харьковской области / Г.Г. Стрижельчик, Ю.П. Соколов, И.А. Гольдфельд и др.; под ред. В.Я. Шевчук. — Х., 2003. — 160 с.
6. Миронов В.И. Технология и механизация дренажных работ в зоне орошения / В.И. Миронов. — Ростов н/Д : Изд-во СКНЦ ВШ, 2002. — 120 с.
7. Беглов Ф.Ф. Исследование технологии строительства закрытого горизонтального дренажа в зоне орошения и разработка мероприятий по ее совершенствованию : монография / Ф.Ф. Беглов. — Ташкент, 2012. — 252 с.
8. Хильмер Клаус. Повреждение подземных конструкций : пер. с нем. / Клаус Хильмер; под общ. ред. А.И. Маркова. — Запорожье : ООО "ИПО Запоріжжя", ООО "Настрой", 2009. — 408 с.

9. Шумаков И.В. Организационно-технологическая подготовка устройства дренажных систем зданий : аспект качества работ / И.В. Шумаков, В.В. Обухов // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – Белгород : Белгородск. гос. технолог. ун-в. (БГТУ) им. В. Г. Шухова. – № 2. – 2013. – С. 29-34.
10. Rowe, R.K and VanGulck, J.F. (2004) "Filtering and drainage of contaminated water", Keynote Lecture, 4th International Conference on GeoFilters, Stellenbosch, South Africa, October, University of Witswatersrand, A.Fourie (Ed), pp.1-63.
11. Brune, M., Ramke, H.G., Collins, H., and Hanert, H.H. (1991) "Incrustations process in drainage systems of sanitary landfills". Proc. 3rd International Landfill Symposium, Cagliari, Italy, Pp. 999-1035.
12. Pedroso, V. M. R. "Manual dos sistemas prediais de distribuimmo e drenagem de fguas". 31 Edisso. Lisboa : Laboratorio Nacional de Engenharia Civil, 2007, 140 p.

#### References

1. Pravy`la ekspluatatsiyi sporud inzhenerenogo zaxy`stu tery`torij naseleny`x punktiv vid pidtoplennya : zatverdzenno naka-zom Minregionbud Ukrainy` #23 vid 16.01.2012 / Oficijny`j visny`k Ukrainy`. – Ky`yiv : DP «Ukrayins`ka pravova infor-matsiya», 2012. – # 13. – S. 117.
2. Abramov S.K. Podzemnye drenazhy` v promyshlennom y` gorodskom stroy`tel`stve / S.K. Abramov: Y`zd. 3-e, pererab. y` dop. – M.: Strojy`zdat, 1973. – 280 s.
3. Drenazh promyshlenny`x ploshhadok y` gorodskiy`x terry`tory`j / S.K. Abramov, L.R. Najfel`d, O.B. Sky`rgello; red. S.K. Abramov. – M.: Gos. y`zd-vo ly`t. po str-vu y` arxy`tekture, 1954. – 426 s.
4. Kly`ory`na G.Y. Drenazh terry`tory`y` nastrojky` / G.Y. Kly`ory`na. – SPb. : SPbGASU, 2006. – 207 s.
5. Podtoplenny`e v naselenny`x punktax Xar`kovskoj oblasti` / G.G. Stry`zhel`chy`k, Yu.P. Sokolov, Y`A. Gol`dfel`d y` dr.; pod red. V.Ya. Shevchuk. – X., 2003. – 160 s.
6. My`ronov V.Y. Texnologiy`ya y` mexany`zacy`ya drenazhny`x rabot v zone orosheny`ya / V.Y. My`ronov. – Rostov n/D : Y`zd-vo SKNCz VSh, 2002. – 120 s.
7. Beglov F.F. Y`ssledovany`e texnologiy`y` stroy`tel`stva zakry`togo gory`zontal`nogo drenazha v zone orosheny`ya y` razrabot-ka meropry`yaty`j po ee sovershenstvovany`yu : monografy`ya / F.F. Beglov. – Tashkent, 2012. – 252 s.
8. Xy`l`mer Klaus. Povrezhdeny`e podzemny`x konstruksiy`j : per. s nem. / Klaus Xy`l`mer; pod obshh. red. A.Y. Markova. – Zaporozh`e : OOO «Y`PO Zaporizhzhya», OOO «Nastroj», 2009. – 408 s.
9. Shumakov Y.V. Organizatsionno-tekhnologicheskaya podgotovka ustrojstva drenazhny`x sy`stem zdany`j : aspekt kachestva rabot / Y.V. Shumakov, V.V. Obuxov // Vestny`k BGTU y`m. V. G. Shuxova. – Belgorod : Belgorodsk. gos. texnolog. uny`v. (BGTU) y`m. V. G. Shuxova. – # 2. – 2013. – S. 29-34.

**И.В. Шумаков,  
Ю.В. Фурсов,  
О.А. Гринчук,  
И.И. Ляхов,**

#### ДО ПИТАННЯ ПРО НАДІЙНОСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ДРЕНАЖІВ

*Анотація. Викладено результати обстежень дренажних систем щодо їх надійності, експериментальних досліджень міцності і фільтруючих характеристик дренажних труб з полімерних матеріалів. Наведено дані з урахуванням тривалої експлуатації дренажу подібного типу. Визначено методологічні закономірності та побудовано багатofакторні моделі впливу факторів на параметри тривалості і трудомісткості робіт з улаштування дренажів з полімерно-волокнистих труб.*

*Ключові слова: інженерна підготовка, дренаж, полімерні трубофільтри, якість.*

**Y.V. Shumakov,  
Yu.V. Fursov,  
O.A. Grynchuk,  
Y.Y. Lyahov**

#### TO THE QUESTION OF RELIABILITY OF FUNCTIONING CONSTRUCTION DRAINAGE

*Abstract. The article shows the results of surveys of drainage systems on the reliability parameters, experimental studies of the strength and filtering characteristics of drainage pipes made of polymeric materials. The data are given taking into account the long-term operation of this type of drainage. Identified methodological regularities and multifactor models of the influence of factors on the parameters of the duration and labor-intensiveness of works on the device of drains from polymer-fiber pipes.*

*Keywords: engineering preparation, drainage, polymer filters in the form of pipes, quality.*