

Д.Н. Кутляров, канд. техн. наук, ст. преподаватель

А.Н. Кутляров, канд. экон. наук, доцент

ФГОУ ВПО «Башкирский государственный аграрный университет»

АНАЛИЗ НАТУРНЫХ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ГРУНТОВЫХ ПЛОТИНАХ ВОДОХРАНИЛИЩ

При возникновении аварийных ситуаций на гидротехнических сооружениях фильтрационный режим почти всегда отклоняется от нормального состояния. По имеющимся данным [1, 2], около 45% аварий и разрушений грунтовых плотин произошло вследствие недостаточных мер по борьбе с фильтрацией. Поскольку неблагоприятное воздействие фильтраций на гидротехнические сооружения часто обуславливает аварию или разрушение сооружения, то натурные исследования фильтрации и правильная их обработка позволяют судить о надежности сооружения.

С целью изучения фильтрации воды через тело грунтовой плотины на некоторых сооружениях водосбора р. Таналык с 1997 по 2008 г. проводили натурные экспериментальные фильтрационные исследования. Конструкция Таналыкского гидроузла аналогична конструкциям большинства гидроузлов водосбора р. Таналык (степная зона Башкортостана).

Фильтрационные исследования велись путем инструментальных измерений по показаниям кон-

трольно-измерительной аппаратуры, визуальных наблюдений и фильтрационных расчетов. В качестве основного исследуемого параметра приняты отметки депрессионной кривой фильтрационного потока в теле плотины. Положение депрессионной кривой — один из основных показателей (критериев) безопасности гидротехнических сооружений [2, 3]. Грунтовая плотина оснащена контрольно-измерительной аппаратурой, состоящей из водомерного поста и 10 пьезометров (рис. 1). При этом пьезометры П-1, П-2, П-4, П-6, П-8, П-9 расположены непосредственно на гребне плотины на отметке 364,5 м (БС), пьезометры П-3, П-5, П-7, П-10 расположены на берме низового откоса на отметке 357,0 м (БС).

Во время исследования замеряли уровни воды в верхнем бьефе (ВБ) водохранилища и в пьезометрах. Уровни воды в ВБ определяли по стандартной методике, а в пьезометрах — методом «хлопушки». Усредненные значения уровней воды по годам представлены в виде 35 замеров уровней воды. Полученные экспериментальные значения выражены в виде

графиков динамики уровней воды по возрастающему ряду (рис. 2).

В результате анализа графических зависимостей установлено, что изменение уровня воды в пьезометрах прямо пропорционально изменению уровня воды в ВБ. Абсолютные значения уровней воды в пьезометрах, расположенных на гребне, больше, чем на берме.

Результаты замеров выразили через показатели описательной статистики (см. таблицу). Для статистической обработки данных натурального исследования использованы пакет анализа данных Excel и система обработки данных Statistica [4]. Анализ параметров описательной статистики показал, что средние уровни воды в пьезометрах, расположенных на гребне, выше тех, которые расположены на берме. Наименьшее среднее значение уровня воды имеет П-5, наибольшее — П-6. Коэффициен-

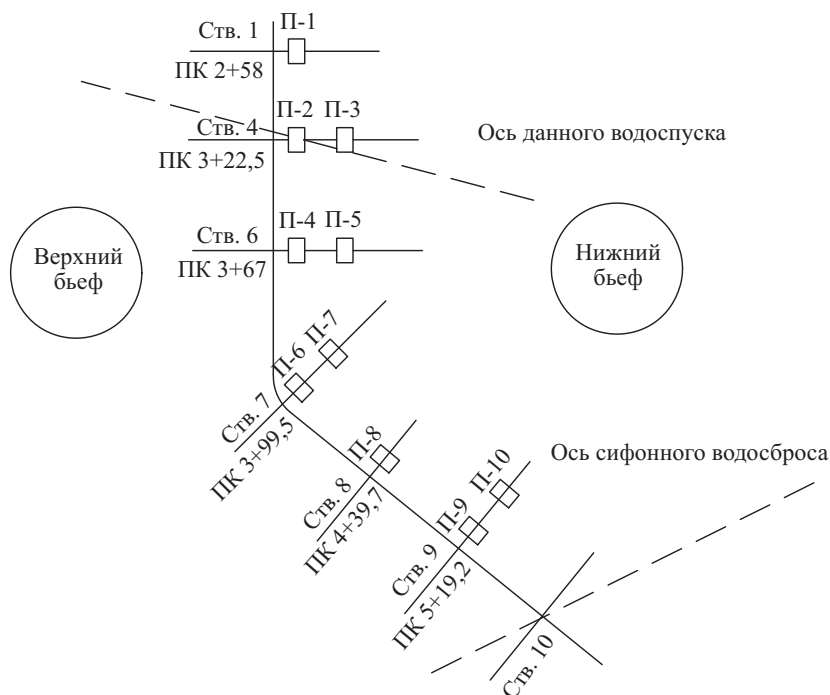


Рис. 1. Схема расположения пьезометров на плотине Таналыкского водохранилища

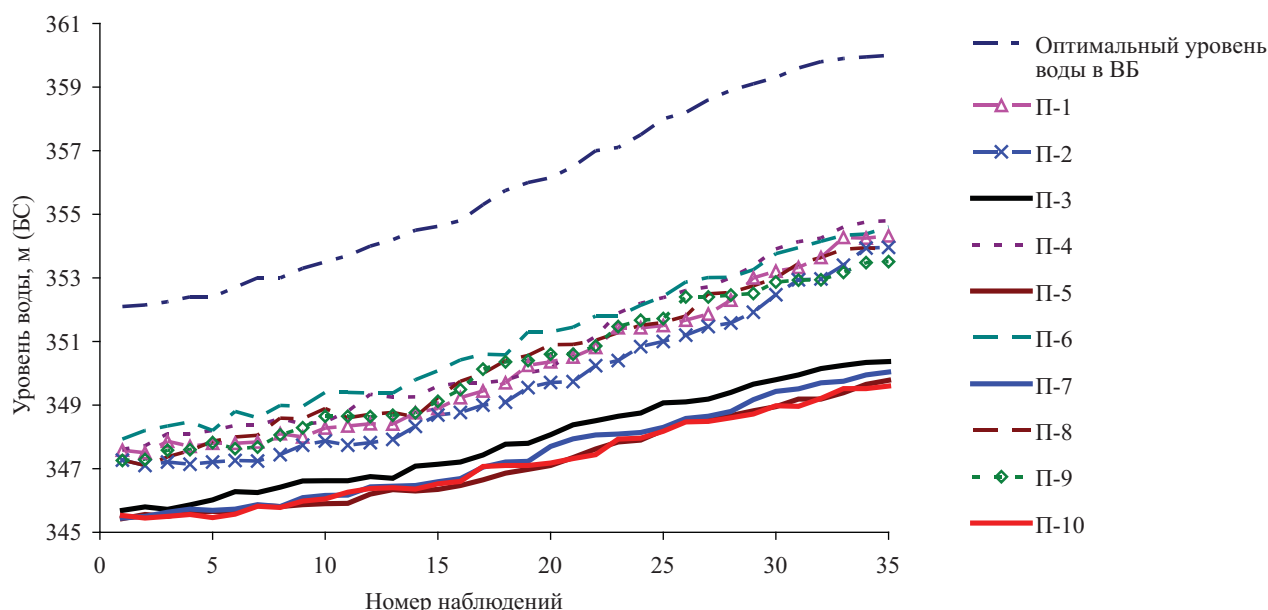


Рис. 2. Динамика уровня воды в верхнем бьефе и пьезометрах Таналыкского водохранилища

ты вариации всех переменных находятся в пределах 0,40...0,77%, что делает результаты замеров пригодными для дальнейшего анализа и построения моделей. Асимметрия значений во всех замерах несущественная, распределения значений у всех единиц совокупности — плосковершинные.

Результаты натурных фильтрационных исследований позволяют установить количественную зависимость значений уровня воды в пьезометрах от уровня воды в ВБ. Поскольку временные промежутки небольшие и уровни ряда меняются слабо, то для установления зависимости возможно применение метода корреляционно-регрессионного анализа.

Авторами была построена модель парной зависимости уровня воды в пьезометре от уровня воды в ВБ по всем пьезометрам.

Коэффициенты парной корреляции свидетельствуют о том, что теснота связи между уровнем

воды в ВБ и уровнем воды в пьезометрах сильная по всем единицам наблюдения. Проверка уравнений по F-критерию (при табличном значении 4,17 и уровне значимости 0,05) показала статистическую значимость уравнений регрессии в целом и показателя тесноты связи, которые сформировались под неслучайным воздействием фактора. Параметры уравнений надежны и статистически значимы. Теснота связи между уровнями воды в ВБ и соответствующем пьезометре, которую характеризуют парные коэффициенты корреляции, сильнее в П-3 ($r_{xy} = 0,997$), слабее в П-2 ($r_{xy} = 0,984$). Если принимать во внимание местоположение пьезометра (гребень или берма), то среди пьезометров, расположенных на гребне, наибольшую тесноту связи уровня воды с уровнем воды в ВБ имеет П-6 ($r_{xy} = 0,996$), наименьшую — П-2 ($r_{xy} = 0,984$). Среди пьезометров, расположенных на берме, наибольшую тесноту

Результаты описательной статистики данных наблюдений уровня воды

Показатель	ВБ	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5	П-6	П-7	П-8	П-9	П-10
Стандартная ошибка	0,46	0,38	0,38	0,26	0,40	0,24	0,36	0,25	0,37	0,36	0,23
Медиана	355,75	349,70	349,09	347,77	349,78	346,86	350,60	347,21	350,40	350,36	347,10
Мода	352,40	347,80	347,21	346,62	348,10	348,51	348,20	345,73	353,90	348,65	347,10
Среднее	355,86	350,22	349,66	347,87	350,69	347,19	351,00	347,42	350,36	350,22	347,22
Стандартное отклонение	2,73	2,26	2,22	1,54	2,35	1,41	2,13	1,50	2,19	2,10	1,37
Дисперсия выборки	7,47	5,13	4,92	2,39	5,54	2,00	4,54	2,24	4,79	4,43	1,89
Асимметричность	0,15	0,48	0,53	0,20	0,46	0,42	0,23	0,33	0,21	0,12	0,32
Интервал	7,90	6,82	6,86	4,68	7,19	4,35	6,67	4,59	6,85	6,25	4,15
Уровень надежности (95%)	0,94	0,78	0,76	0,53	0,81	0,49	0,73	0,51	0,75	0,72	0,47
Коэффициент вариации, %	0,77	0,65	0,63	0,44	0,67	0,41	0,61	0,43	0,62	0,60	0,40

связи уровня воды с уровнем воды в ВБ имеет П-3 ($r_{xy} = 0,997$), наименьшую — П-5 ($r_{xy} = 0,991$).

Статистический анализ обработки данных на компьютере позволил наглядно представить результаты исследования, описать динамику уровней фильтрационной воды для каждого пьезометра и получить экспериментальную математическую функцию напоров. Зависимости напоров воды в пьезометрах ($h_{п}$) от напора воды в ВБ (H_1) $h_{п} = f(H_1)$ хорошо аппроксимируются выражениями:

- для гребня $h_{п} = 0,801H_1 - 2,74$;
- для бермы $h_{п} = 0,530H_1 - 1,93$.

На практике часто возникает необходимость построения депрессионной кривой фильтрационно-го потока в теле грунтовых плотин с помощью прогнозных математических моделей [1, 4]. Для создания такой модели сравнили отметки депрессионной кривой, полученные экспериментально и по расчетному методу, приведенному в справочнике [3]. Сравнительный анализ показал, что результаты отличаются на 0,34...1,41 м (рис. 3).

Отношение экспериментальных и расчетных отметок депрессионной кривой выразили через коэффициент эквивалентности $k_3 = x_1 / x'_1$ и аппроксимировали математической функцией

$$k_3 = 0,9822x_{пр}^{0,1654}, \quad (1)$$

где $x_{пр}$ — приведенное расстояние от оси координат (УВВБ) до искомой точки в теле плотины, определяемое как $x_{пр} = x / L$; x — текущая координата искомой точки в теле плотины по оси абсцисс; x'_1 — та же координата, выраженная через экспериментальную математическую функцию напоров; L — расстояние от оси координат (УВВБ) до точки входа кривой депрессии в дренаж по оси абсцисс.

Полученную зависимость (1) рекомендуется учитывать введением в расчетную модель [3] эквивалентного расстояния x_3 :

$$h_x = \sqrt{2 \frac{q}{k_T} (L - x_3) + h_c^2}, \quad (2)$$

где h_x — текущая координата кривой депрессии по оси ординат; k_T — коэффициент фильтрации грунта тела плотины; q и h_c — соответственно удельный фильтрационный расход воды и координата кривой депрессии по оси ординат в точке входа в дренаж, определяемые по известным зависимостям; x_3 — эквивалентное расстояние, $x_3 = x / k_3$.

Для сравнения значений, определенных по зависимости (2), с экспериментальными значениями пьезометрических напоров представлена зависимость $h_{пк} = f(H_1)$ для Таналыкского водохранилища (рис. 4).

Адекватность полученной зависимости подтверждается сопоставлением теоретических и эмпирических значений, расхождение которых не превосходит 5% (см. рис. 4).

Таким образом, установленные закономерности позволяют описывать фильтрационные процессы в теле грунтовых плотин водосбора р. Таналык и выполнять достоверные прогнозные расчеты депрессионной кривой.

Выводы

1. Выполнены натурные исследования на водосборе р. Таналык и получены экспериментальные данные фильтрации воды через грунтовую плотину на примере Таналыкского водохранилища.

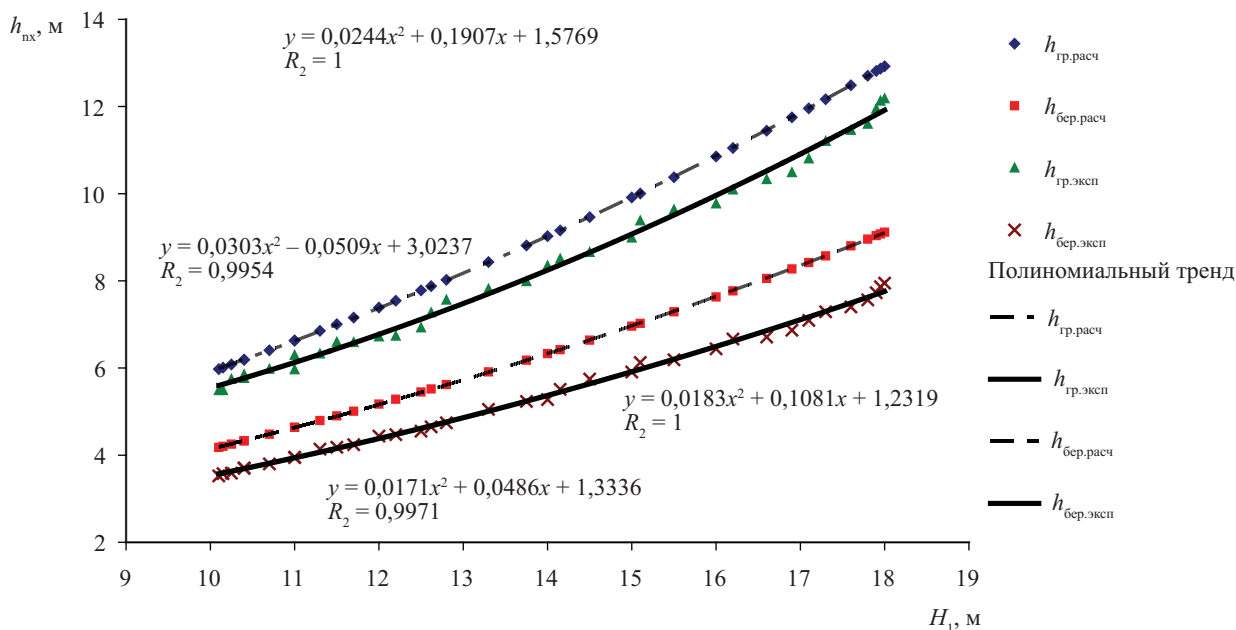


Рис. 3. Зависимость $h_{пк} = f(H_1)$

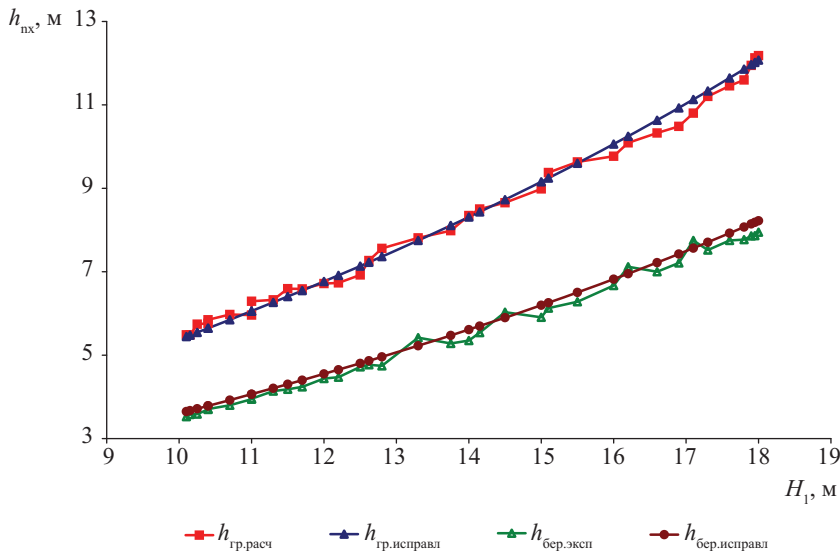


Рис. 4. Результирующая зависимость $h_{пх} = f(H_1)$ с учетом x_3

2. Представлены результаты описательной статистики и корреляционно-регрессивного анализа экспериментальных данных. Проверка уравнений по F-критерию показала статистическую значимость уравнений регрессии в целом и показателя тесноты связи.

3. Разработана методика построения депрессионных кривых в теле грунтовых плотин водохранилищ водосбора р. Таналык. При построении депрессионной кривой, используя существующие расчетные модели, рекомендуется вводить эквивалентное расстояние x_3 , определяемое через коэффициент эквивалентности k_3 .

Список литературы

1. Стефанишин, Д.В. Проблемы надежности гидротехнических сооружений / Д.В. Стефанишин, С.Г. Шульман. — СПб: Изд-во ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 1991.
2. Кутляров, Д.Н. Оценка состояния и комплексное обустройство водосбора р. Таналык Республики Башкортостан: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Д.Н. Кутляров. — М., 2009.
3. Желязняков, Г.В. Гидротехнические сооружения: справочник проектировщика / Г.В. Желязняков [и др.]; под общ. ред. В.П. Недриги. — М.: Стройиздат, 1983.
4. Вуколов, Э.А. Основы статистического анализа: практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов Statistica и Excel / Э.А. Вуколов. — М.: Инфра-М, 2004.

УДК 631.3:633

А.В. Пасин, доктор. техн. наук
А.И. Новожилов, канд. техн. наук
Л.А. Кистанова, инженер
А.Ю. Еремин, инженер
А.А. Потоцкий, аспирант
Е.А. Лукашин, аспирант

ФГОУ ВПО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ К ФОРМИРОВАНИЮ ТЕХНОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Теория графов, и в первую очередь сетевые графы, используется практически во всех областях знаний, в том числе и в технических науках. Например, большую часть распределения ресурсов можно представить графами. Достоинство графов заключено в простоте и наглядности изображаемого процесса [1].

Технологическо-технические средства, машинно-тракторный парк (МТП) — ключевые ресурсы технологической системы растениеводства, без них не может выполняться ни один производственный процесс. Если данных ресурсов недостаточно, то это может привести, например, в растениеводстве к потере урожая.

Рассмотрим технологическую систему производственного процесса в условиях наступающего сезона. По теплообеспеченности и погоде выделено пять сезонов-аналогов: ψ_1 — теплый, ψ_2 — умеренно-теплый, ψ_3 — средний, ψ_4 — умеренно-холодный, ψ_5 — холодный [2]. Для осуществления производственного процесса в условиях ψ -го сезона-аналога требуются определенные ресурсы: оптимальные Q_{ψ} — по расчету, фактические $Q_{\text{факт}}$ — имеющиеся в наличии. Основное ограничение системы по удовлетворению потребности сезона-аналога следующее: $Q_{\text{факт}} \geq Q_{\psi}$. Несоблюдение данного условия приводит к потерям биологического урожая, в связи с чем появляется необходимость в резервах.