

УДК502/504 : 629.063:532.595.2:621.646.943, 556.3

Ю. Г. БУРКОВА, С. Н. КАРАМБИРОВ, П. М. УМАНСКИЙ

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СКВАЖИННЫХ СИСТЕМ

Целью данной работы является комплексный расчет скважинной системы, включающий в себя определение оптимального числа скважин, их топологии, водо-подъемного оборудования, а также параметров резервуара. Особенностью работы является применение метода имитационного моделирования функционирования скважинной системы в течение расчетного времени с предварительным гидравлическим расчетом ее параметров. Моделирование работы скважин и резервуара проведено с учетом стохастического характера водопотребления.

Гидравлический расчет скважинной системы, регулирующий объем резервуара, имитационная модель, автоматическое управление насосными станциями, уровень воды в регулирующей емкости.

The purpose of this work is a complex calculation of the well system including determination of the optimal number of wells, their topology, water-elevating equipment as well as tank parameters. The specialty of the work is an application of the simulation method of the well system functioning during the estimated time with a preliminary hydraulic calculation of its parameters. Simulation of the wells and tank operation was performed taking into consideration a stochastic nature of water consumption.

Hydraulic calculation of the well system, regulating volume of the tank, simulation model, automatic control of pump plants, water level in the regulating reservoir.

Одним из широко применяемых способов снижения установочной мощности оборудования является выравнивание пиков потребления введением в распределительную систему аккумулирующих емкостей, т.е. различных водонапорных резервуаров и баков-аккумуляторов. Определение аккумулирующих емкостей в настоящее время осуществляется на основании графиков неравномерности потребления и подачи, построенных с учетом результатов натурных замеров расходов воды в аналогичных условиях и технических характеристик намечаемого к установке оборудования [1]. В [1] приводятся формулы для определения регулирующего объема резервуара в зависимости от коэффициента часовой неравномерности водопотребления, продолжительности работы водопитателей, а также их производительности. Однако эти зависимости не учитывают гидравлические параметры системы и рабочие характеристики насосов, что может привести к значительным отклонениям

фактических подач от принятых, особенно для схем с контррезервуаром. Не учитывается возможность оперативного управления, что приводит к завышению регулирующего объема, к потерям воды при переполнении резервуара и работе в нерасчетных режимах.

Вместе с тем, действующими строительными нормами и правилами [2] в п. 13.13 при проектировании насосных станций всех назначений рекомендуется предусматривать преимущественно автоматическое (в зависимости от технологических параметров — уровня воды в емкостях, давления или расхода воды в сети) или дистанционное управление — с автоматическим включением резервных агрегатов (п. 13.17), количество которых определяется из категории надежности станции (п. 4.4) [2]. Проектирование таких станций связано с большим объемом вычислений и без наличия соответствующих компьютерных программ увеличивает время проектирования объекта.

Авторами предлагается методика для выбора параметров скважинных систем на основе имитационной модели их работы с учетом стохастического характера водопотребления с предварительным гидравлическим расчетом. Основные положения метода статистических испытаний, применяемого в имитационных моделях, широко представлены в литературе [3—5] и др.

Особенности гидравлического расчета и сценарий имитации работы системы

подробно рассмотрены в работах [5—7].

С помощью разработанной авторами имитационной модели был проведен машинный эксперимент с исследуемой системой. Рассчитано большое количество реализаций ее поведения за расчетное время.

Представим результаты такого эксперимента, проводимого с целью определения влияния исходных параметров на работу скважинной системы (рис. 1).

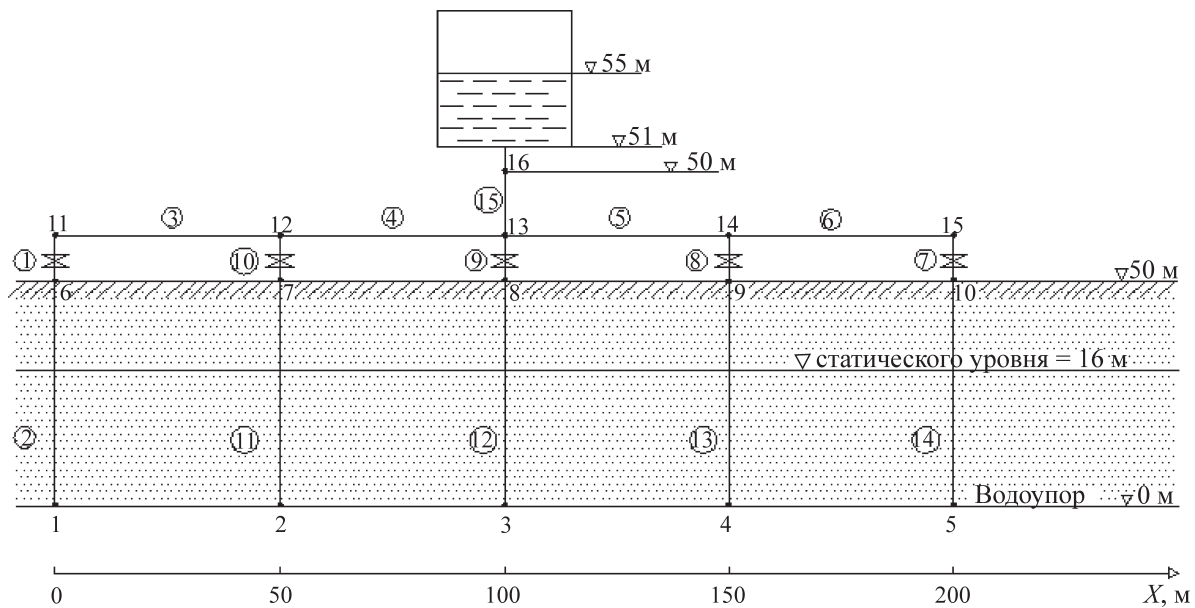


Рис. 1. Схема скважинной системы: 3 — номер узла; 12 — номер участка 12

Вода из резервуара подается в трубопроводную систему (рис. 2).

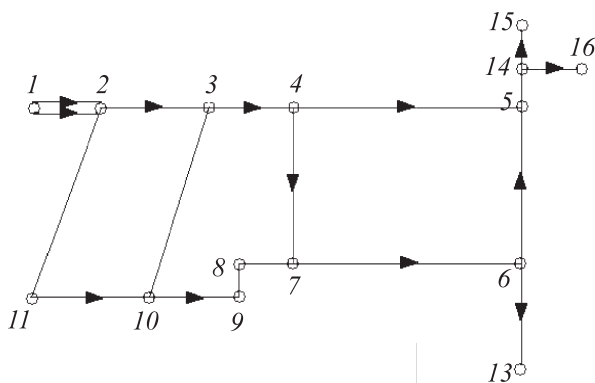


Рис. 2. Схема сети водопотребления в узлах 1...16: 1 — резервуар; 5 — маргариновый завод; 6 — ферма крупного рогатого скота

на результаты гидравлического расчета скважинной системы, описанной в [5], показал, что наибольшее значение имеют следующие: число скважин, диаметры труб, способ регулирования подач задвижками, отметка и высота резервуара.

Данные гидравлического расчета и требуемые подачи у потребителя являются исходными параметрами для имитационной модели работы скважинной системы совместно с резервуаром. В качестве входящих параметров были выбраны объем резервуара и начальный уровень его заполнения. В файл протокол имитации выводился за каждый час: текущий уровень воды в резервуаре, подачи, напоры и понижения в каждой скважине.

Среднесуточный график требуемого водопотребления представлен на рис. 3.

Анализ влияния исходных данных

Начальное значение регулирующего объема резервуара находилось табличным методом.

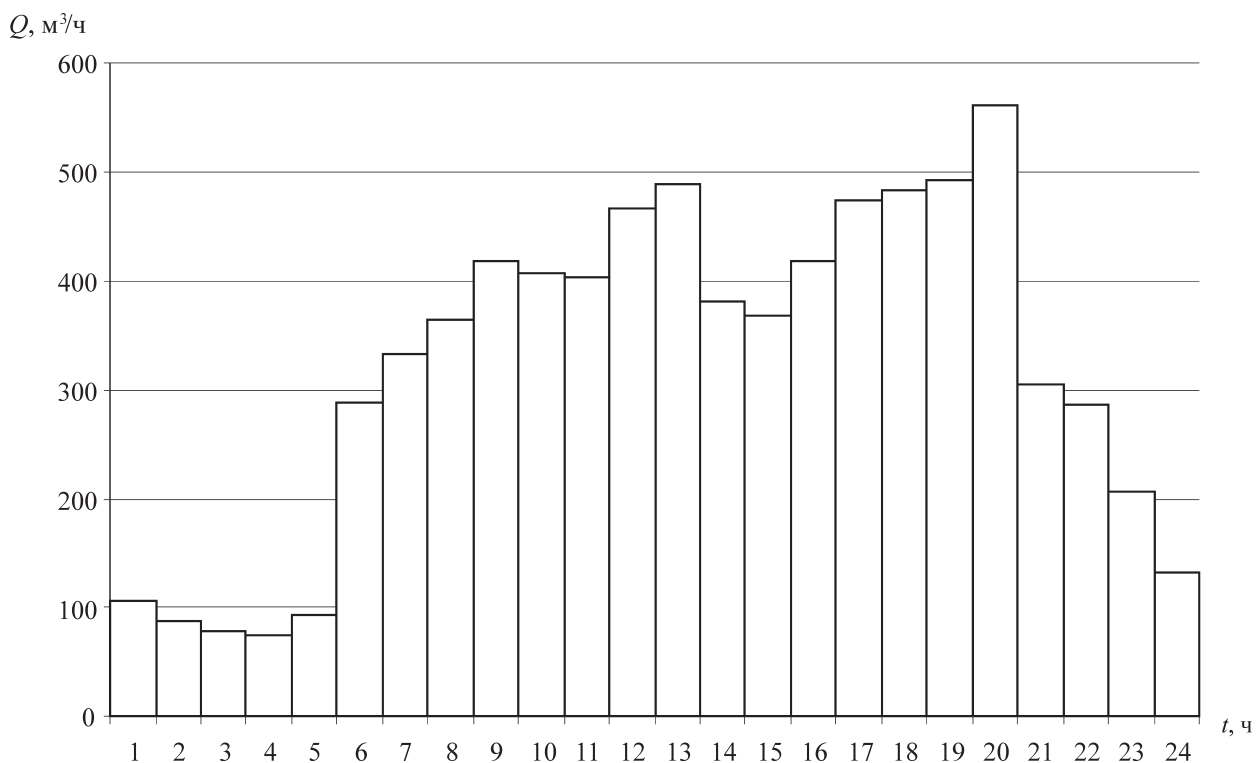


Рис. 3. График требуемого водопотребления Q , л/ч

По результатам имитации построены графики изменений уровней воды за одни сутки (рис. 4): при начальном значении 4,8 м (полный бак) и при среднем уровне 3 м.

Из графика видно, что в часы с низким водопотреблением происходит плавное снижение уровня воды (0... 5 ч)

и (20... 24 ч). В часы с повышенным водопотреблением (5... 20 ч) происходит интенсивное изменение уровня, что подтверждает эффективность автоматического регулирования поступления воды в резервуар и правильность предложенной схемы регулирования.

Исследования показали, что

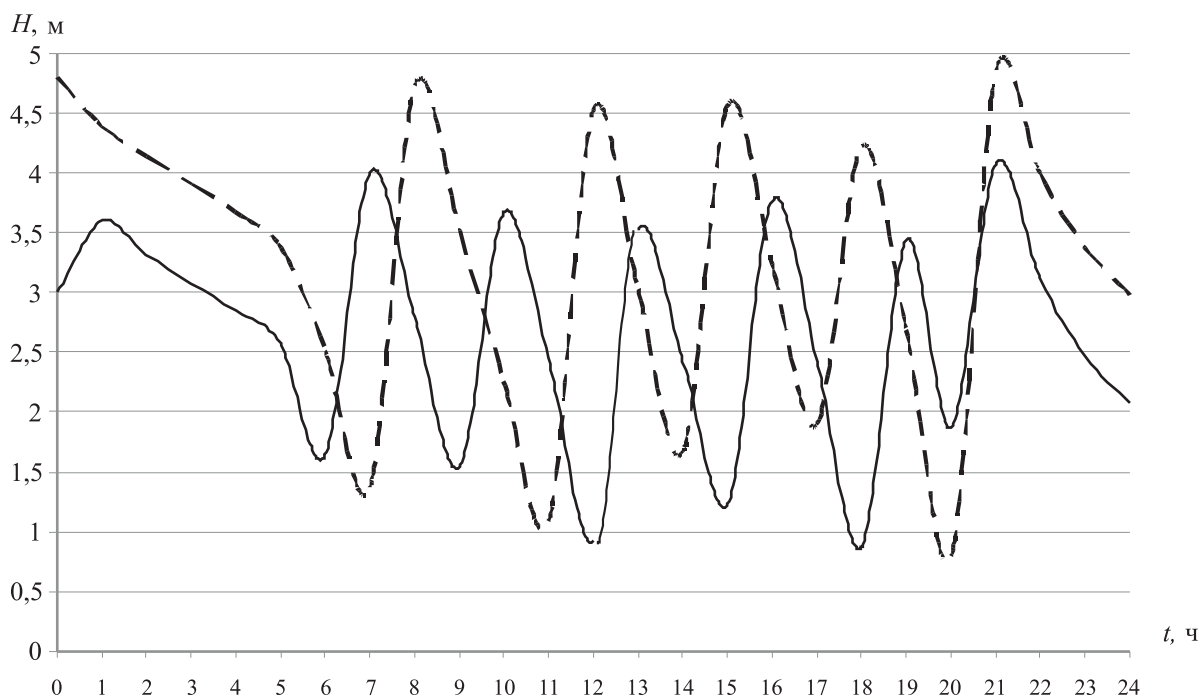


Рис. 4. График изменений уровней воды при полном баке и среднем уровне: — 3 м; - - - 4,8 м

рассчитанный стандартными методами объем резервуара является избыточным. Например, значительное снижение регулирующего объема не приводит к отказу системы, т. е. к отключению потребителя даже в час максимального водопотребления (для данной системы 19...20 ч). Этот вывод дает основание при проектировании системы включить в ряд ее альтернативных вариантов систему с отсутствием регулирующего объема или с минимальным регулирующим объемом. При этом для каждой конкретной проектируемой скважинной системы необходимо определить экономически оптимальное соотношение между количеством резервных скважин и увеличением объема резервуара.

Предлагаемая схема эксплуатации скважинной системы позволяет использовать резервные скважины, необходимые из условия повышенной категории надежности систем водоснабжения в часы с пиковым водопотреблением. При этом будет обеспечено снижение затрат на строительство и эксплуатацию резервуаров больших объемов.

Выводы

Предварительно определенный для данного примера регулирующей объем резервуара может быть значительно снижен без ущерба для потребителя, что показывает реальный экономический эффект от применения данной методики.

Предлагаемая методика соответствует рекомендациям действующих строительных норм и правил по применению автоматического управления насосными станциями, позволяет значительно снизить время проектирования.

При данных параметрах скважинной системы перерывов подачи воды, отключения потребителей и понижений ниже допустимых в скважинах не будет.

1. **Шопенский Л.А.** Определение аккумулярующих емкостей при разных режимах подачи и потребления воды: сбор-

ник трудов НИИ санитарной техники. — Сер. Санитарно-техническое оборудование. — С. 24–48.

2. **СНиП 2.04.02-84***. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения / Госстрой России. — М.: ГУП ЦПП, 2000. — 128 с.

3. **Бусленко Н. П.** Моделирование сложных систем. — М.: Главная редакция физ.-мат. литературы издательства «Наука», 1978. — 399 с.

4. **Потапов В. Д., Яризов А. Д.** Имитационное моделирование производственных процессов в горной промышленности: учеб. пособие для студентов вузов. — М.: Высшая школа, 1981. — 191 с.

5. **Буркова Ю. Г., Карамбиров С. Н., Уманский П. М.** Моделирование стохастического функционирования подземного водозабора // Природообустройство. — 2008. — № 4. — 52–59.

6. **Карамбиров С. Н.** Математическое моделирование систем подачи и распределения воды в условиях многорежимности и неопределенности : монография. — М.: МГУП, 2004. — 197 с.

7. **Уманский П. М.** Имитационное моделирование работы водозабора подземных вод // Роль природообустройства сельских территорий в обеспечении устойчивого развития АПК: материалы Международной научно-практической конференции. — М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2007. — Ч. I. — С. 281–287.

Материал поступил в редакцию 25.12.09.

Буркова Юлия Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Вычислительная техника и математическое программирование»

Тел. 8 (495) 976-21-54

E-mail: burkova.msuee@mail.ru

Карамбиров Сергей Николаевич, доктор технических наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры «Вычислительная техника и математическое программирование»

Тел. 8 (499) 153-97-66

E-mail: karamba.msuee@mail.ru

Уманский Петр Михайлович, старший преподаватель кафедры «Электротехника, электрификация и автоматизация гидромелиоративных систем»

Тел. 8 (495) 976-09-21