

Водомерное сооружение содержит прямолинейный в плане подводящий канал 1, перепад 2, колодец-гаситель 3, отводящий канал 4, стационарный водослив трапецеидального сечения 5, съёмный щит 6, береговой ковш 7 с уровнемерной рейкой 8. Щит 6 вместе гранями водослива 5 образует новый водослив 9, которым измеряются расходы воды, протекающей через него. При измерении ноль рейки устанавливается на уровне порога нового водослива 9.

Данное водомерное сооружение работает следующим образом. При подаче воды на сооружение в верхнем его бьефе происходит накопление воды, которая по мере увеличения её глубины начинает сбрасываться в нижний бьеф через водослив 9. С момента, когда подаваемая на сооружение вода полностью начинает сбрасываться в нижний бьеф через водослив 9, приступают к измерению расходов воды.

Для этого по уровнемерной рейке 8 измеряется напор воды над водосливом 9, далее по его величине, используя график $Q = f(H)$, определяют расход воды. Благодаря перепаду 2 водослив 9 будет работать только при свободном режиме истечения, что благоприятно отразится на метрологическом показателе водомера. По мере заиливания наносами верхнего бьефа эти наносы промываются потоками воды при снятом щите 6. После промыва наносов щит 6 устанавливается на месте и приступают к измерению расходов воды заново.

В соответствии с МИ 2122–90 учёт воды осуществляется без индивидуальной градуировки водослива (он стандартизирован), что положительно скажется на эксплуатационных показателях водомера. На данную конструкцию был получен патент Кыргызской Республики № 191 от 28.09. 2015 г., а также есть другие патенты КР на изобретения, соответствующие указанной выше тематике [6–8].

Выводы. Учёт водных ресурсов является важной задачей, при этом особый учёт должен проводиться там, где много точек водораспределения

и осуществляется плата за использованную воду.

Оснащённость специалистов и работников службы эксплуатации, осуществляющих грамотный и объективный водоучёт на оросительных системах, технической литературой по водомерным сооружениям и нормативными актами играет немаловажную роль при платном водопользовании.

Каждое водомерное сооружение не может быть принятым в качестве рабочего средства для измерения расходов воды, если не пройдет государственную метрологическую аттестацию. Рекомендации по его использованию должны содержаться в официальных нормативных документах, согласованных с государственным органом по стандартизации.

Эффективность предложенного водомера заключается в улучшении метрологических характеристик и условий эксплуатации сооружения, а также снижении финансовых показателей стоимости его строительства.

Литература

1. Филиппов Е. Г. Гидравлика гидрометрических сооружений для открытых потоков. Л.: Гидрометеоиздат, 1990. С. 30–38.
2. Гидромелиоративные каналы с фиксированным руслом. Методика выполнения измерений расходов воды методом «скорость – площадь». М.: Минводхоз СССР, 1990. 42 с.
3. Расход жидкости в открытых потоках. Методика выполнения измерений при помощи стандартных водосливов и лотков. Казань, 1990. 56с.
4. МИ 2406–97. ГСИ. Расход жидкости в открытых каналах систем водоснабжения и канализации. Методика выполнения измерений при помощи стандартных водосливов и лотков (взамен МИ 2122). Госстандарт Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: http://gostbank.metaltorg.ru/data/norms_new/mi/18.pdf.
5. Сатаркулов С.С., Батыкова А.Ж. и др. Водомерные сооружения для каналов и лотков (монография). Бишкек: ПК «Переплётчик», 2005. 260 с.
6. Пред. патент 476 Кыргызской Республики, МПК7 E02 B13/10. Водомерное сооружение / Сатаркулов С.С., Батыкова А.Ж. 20000042.1; заявл.20.06.00; опубл. 01.10.01, Бюл. № 9. 5 с.:ил.
7. Патент 512 Кыргызской Республики, МПК7 E02 B13/00. Водомерное сооружение для быстротечных каналов / Сатаркулов С.С., Маллаев Х.М., Батыкова А.Ж. 20010017.1; заявл. 06.04.01; опубл. 28.06.02, Бюл. № 6. 4 с.: ил.
8. Патент 1397 Кыргызской Республики, МПК7 E02 B7/26. Водомерное сооружение / Сатаркулов С.С., Батыкова А.Ж. 20100041.1; заявл. 23.03.10; опубл. 31.10.11, Бюл. № 10. 4 с.: ил.

Применение имитационного моделирования при создании планов водораспределения на примере Садковской оросительной системы

М.А. Ляшков, аспирант, С.М. Васильев, д. т. н., Ю.Е. Домашенко, к. т. н., ФГБНУ РосНИИПМ

Сельское хозяйство является главным потребителем водных ресурсов, используя до 30% от общего забора воды в народном хозяйстве, а на орошение и обводнение расходуется около 70% от водозабора на нужды агропромышленного комплекса. Сельское хозяйство должно развиваться при постоянном уменьшении удельного водопотребления за счёт рационального использования воды на

основе модернизации оросительных систем, совершенствования систем управления и контроля, применения водозащитных экологически безопасных технологий и техники орошения [1].

Использование воды на орошение осуществляется на основании внутриводопользовательного и системного планов водопользования, регулирующих забор воды из источника и транспортировку по каналам межхозяйственной оросительной сети до потребителей, распределение воды между хозяйствами и внутри них [2].

При составлении плана водораспределения в оросительной системе существует необходимость уменьшения лимитов подачи воды водопользователям таким образом, чтобы экономический ущерб от потери урожайности орошаемых сельскохозяйственных культур от недополива был минимальным. На практике в данной ситуации зачастую корректируют планы водопользования приближённо, полагаясь на опыт и интуицию [2]. Однако в засушливые годы при орошении овощных севооборотов такой подход может привести к существенным потерям урожая.

Повышение качества планирования и управления водораспределением будет способствовать уменьшению потерь и более эффективному использованию водных ресурсов [3].

Основой имитационного моделирования является разрабатываемая математическая модель, сама запись которой отлична от привычных оптимизационных моделей. Одна из основных трудностей при построении математической модели для проведения имитационных экспериментов – это построение формализованной схемы исследуемой оросительной системы [4].

Целью исследования является разработка математической модели для создания планов водораспределения на примере Садковской оросительной системы, которые обеспечат эффективное использование водных ресурсов.

Материал и методы исследования. Для обеспечения имитационного моделирования используют средства математического описания объекта управления, которые представлены в виде математических моделей, описывающих поведение процессов, происходящих в системе [4].

Отличительными особенностями данного подхода являются потоки заявок на обслуживание, поступающие в случайные моменты времени, и каналы обслуживания заявки, время обслуживания, которое также может быть случайной величиной. При составлении планов водопользования, когда накладываются ограничения на её параметры, возникает вопрос о величине потоков заявок, которые может обслужить система, или какой интенсивностью должны обладать оросительные каналы, чтобы обеспечить необходимое качество обслуживания заданных потоков заявок, и множество других вопросов [5].

Результаты исследования. Рассмотрим основные понятия системы распределения заявок, её характеристики. На рисунке 1 представлена структурная схема системы распределения заявок.

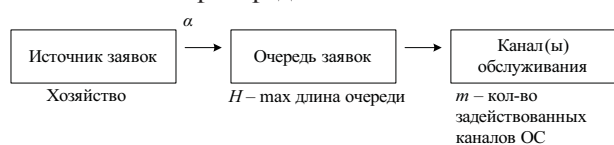


Рис. 1 – Структурная схема системы распределения заявок водопотребителей

Примем некоторую структурную кодировку системы распределения заявок водопотребителей:

- характеристики входного потока заявок:
- I – интервал времени между поступающими заявками;
- α – количество поступающих заявок.
- характеристики каналов обслуживания заявок:
- t – время обслуживания заявки оросительным каналом;
- $\mu\eta$ – количество обслуживающих заявок;
- m – количество задействованных каналов.
- характеристики очереди:
- H – максимально допустимое количество заявок;
- A – дисциплина очереди:
- первая заявка обслуживается первой;
- последняя заявка обслуживается первой;
- с приоритетами;
- случайный выбор из очереди.

Описание системы распределения заявок водопотребителей включает задание её параметров ($L, \alpha, t, \eta, m, H, A$).

Основные характеристики системы распределения заявок:

- l_s – среднее количество заявок по системе;
- V_s – среднее время заявки по системе;
- l_q – среднее количество заявок;
- V_q – среднее время ожидания заявок в очереди;
- $R_{отк}$ – вероятность отказа в обслуживании;
- R_0 – вероятность того, что в системе отсутствуют заявки (время простоя оросительных каналов).

Производные характеристики:

- $H - l_q$ – среднее число свободных мест в очереди заявок;
- $l_s - l_q$ – среднее число занятых каналов;
- $m - l_s - l_q$ – среднее число свободных (простаивающих) каналов;
- $\alpha_{эфф} = \alpha - R_{отк}$ – эффективное количество обслуживающих заявок.

Рассмотрим задачи планов водопользования в условиях взаимопомощи водохозяйственных каналов:

- (а) – все каналы обслуживают одну заявку до тех пор, пока не закончат;
- (б) – равномерная взаимопомощь (равномерно обслуживаются все заявки, находящиеся в системе).
- (с) – без взаимопомощи.

Рассмотрим случаи, когда при взаимопомощи оросительных каналов общая интенсивность обслуживания системы распределения заявок (СРЗ) линейно зависит от числа каналов:

$$\eta_{СРЗ} = \eta \cdot m, \tag{1}$$

где η – интенсивность обслуживания одним оросительным каналом.

Введём обозначение:

$$\sigma = \frac{\alpha}{\eta}; \tag{2}$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{m}. \quad (3)$$

Для определения характеристик данной системы распределения заявок воспользуемся формулами:

$$R_0 = \left(\sum_{k=0}^{m-1} \frac{\sigma^k}{k!} + \frac{\sigma^m}{m} \frac{1}{1-\varepsilon} \right)^{-1}; \quad (4)$$

$$R_{отк} = 0; \alpha_{эфф} = \alpha; R_m = R_0 \frac{\sigma^m}{m!}. \quad (5)$$

Рассмотрим основные характеристики системы распределения заявок водопотребителей $l_s, l_q, V_s, v_q, R_{отк}$ при различных вариантах взаимопомощи.

1. Система распределения заявок с неограниченной очередью.

Вариант (с) – система распределения заявок без взаимопомощи.

На рисунке 2 представлена структурная схема системы распределения заявок с неограниченной очередью для варианта (с).

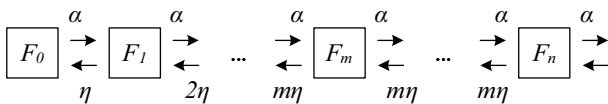


Рис. 2 – Структурная схема системы распределения заявок с неограниченной очередью для варианта (с)

Очередь начинается после состояния F_m .

Для расчёта $l_s^{(c)}, V_s^{(c)}, l_q^{(c)}, V_q^{(c)}$ используем формулы:

$$l_q^{(c)} = R_0 \frac{\sigma^m}{m} \frac{1}{1-\varepsilon^2}; \quad (6)$$

$$V_q^{(c)} = \frac{l_q}{\alpha}; \quad (7)$$

$$V_s^{(c)} = V_q + \frac{1}{\alpha}; \quad (8)$$

$$l_s^{(c)} = \alpha V_s = l_q + \frac{\alpha}{\eta}. \quad (9)$$

Вариант (а) – система распределения заявок, когда все каналы обслуживают одну заявку.

На рисунке 3 представлена структурная схема системы распределения заявок с неограниченной очередью для варианта (а).

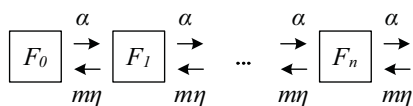


Рис. 3 – Структурная схема системы распределения заявок с неограниченной очередью для варианта (а).

Очередь начинается после состояния F_1 .

Вариант (б) – система распределения заявок с равномерной взаимопомощью.

На рисунке 4 представлена структурная схема системы распределения заявок с неограниченной очередью для варианта (б).

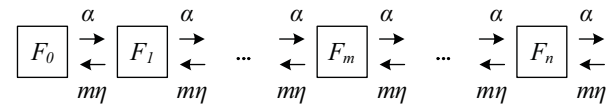


Рис. 4 – Структурная схема системы распределения заявок с неограниченной очередью для варианта (б)

Очередь начинается после состояния F_m .

Отметим, что размеченные схемы для обоих вариантов взаимопомощи одинаковые, из чего следует, что предельные вероятности состояний одинаковые ($i = 1, 2, \dots, n$)

$$R1 = R0 \cdot \left(\frac{\alpha}{m\eta} \right)^i.$$

Это означает, что и равны для (а) и (б) вариантов взаимопомощи. Для их расчёта следует использовать формулы одноканальной системы распределения заявок с неограниченной очередью, заменив в них η на $m\eta$:

$$l_s = \frac{\sigma}{1-\sigma}; \quad (10)$$

$$V_s = l_s / \alpha = \frac{\alpha}{m\eta(1-\frac{\alpha}{m\eta})} = \frac{1}{m\eta-\alpha}. \quad (11)$$

Для расчёта $l_q^{(a)}, V_q^{(a)}$ следует использовать формулы одноканальной системы распределения заявок с неограниченной очередью, заменив в них η на $m\eta$:

$$V_q^{(a)} = V_s - \frac{1}{m\eta} = \frac{1}{m\eta-\alpha} - \frac{1}{m\eta} = \frac{\alpha}{m\eta(m\eta-\alpha)}; \quad (12)$$

$$l_q^{(a)} = \alpha \cdot V_q = \frac{\alpha^2}{m\eta(m\eta-\alpha)}. \quad (13)$$

Отметим, что: $l_q^{(a)} = \varepsilon \cdot l_s^{(a)}. \quad (14)$

Средняя длина очереди для равномерного варианта взаимопомощи определяется выражением:

$$l_q^{(b)} = \varepsilon^m \cdot l_s^{(b)}. \quad (15)$$

Рассмотрим формирование планов водопользования на примере Садковской оросительной системы, которая имеет пять внутрихозяйственных оросительных каналов. Интенсивность поступающих заявок от хозяйств на сезонное обслуживание составляет 6 заявок в день. Обслуживание одной заявки длится в среднем 12 часов.

Рассчитаем основные характеристики системы, которые помогут составить планы водопользования с более эффективным использованием водных ресурсов.

Основываясь на данных, мы имеем:
 – количество задействованных оросительных каналов, $m = 5$;
 – количество поступающих заявок, $\alpha = 6$;
 – количество обслуживающих заявок, $\eta = 2$.
 На первом этапе используем формулу (2):

$$\sigma = \frac{6}{2} = 3.$$

Количество заявок в системе не будет возрастать до бесконечности, так как:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{m} = \frac{3}{5} = 0,6, 0,6 < 1.$$

Далее определяем время простоя внутрихозяйственных каналов по формуле (4):

$$R_0 \left(1 + \sigma + \frac{\sigma^2}{2!} + \frac{\sigma^3}{3!} + \frac{\sigma^4}{4!} + \frac{\sigma^5}{5!} + \frac{\sigma^6}{5!(m-\sigma)} \right)^{-1} \approx 0,05, \text{ сут.}$$

Определим среднее количество заявок по формуле (6):

$$l_q^{(c)} = 0,05 \frac{3^5}{5!} \frac{0,6}{1-0,6} = 0,09.$$

При определении среднего количества заявок в системе l_q установили, что их количество не будет возрастать до бесконечности, при этом среднее время простоя внутрихозяйственных каналов составило 0,05 сут. Среднее количество заявок в ходе расчётов составило 0,09.

Данные вычисления являются началом в системе распределения заявок водопотребителей для составления планов водопользования.

Определив основные характеристики системы распределения заявок по каждому из трёх вариантов и сравнив их показатели, можно выбрать наиболее подходящий вариант взаимопомощи для составления планов водопользования, который будет способствовать наиболее рациональному использованию водных ресурсов.

Вывод. В ходе исследований разработана математическая модель по распределению заявок водопотребителей, которая используется для создания планов водораспределения на примере Садковской оросительной системы. Составленные планы водораспределения позволят наиболее эффективно использовать возможности оросительной системы для обеспечения необходимого качества обслуживания заданных потоков заявок по распределению воды между водопотребителями.

В условиях дефицита водных ресурсов оптимальное управление водораспределением на оросительной системе обеспечивает водопотребителей водой при минимально необходимых расходах, что позволяет иметь разнообразные подходы к режимам орошения овощных севооборотов.

Литература

1. Раткович Л.Д. Основы рационального водопользования и управления водохозяйственными системами. М.: МГУП, 2012. 445 с.
2. Епихин В.К., Кошкин В.В., Миллеров К.В. Составление и проведение планов водопользования. Душанбе: Ирфон, 1970. 214 с.
3. Ольгаренко В.И. Временные рекомендации по составлению и проведению планов водопользования на оросительных системах Ростовской области. Новочеркасск, 1975. 75 с.
4. Айвозян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Основы моделирования и первичная обработка данных. М.: Финансы и статистика, 1983. 471 с.
5. Матвеев В.Ф., Ушаков В.Г. Системы массового обслуживания. М.: Изд-во МГУ, 1984. 242 с.

Предпосылки использования естественного холода в системах охлаждения молока в условиях Оренбургской области

А.П. Козловцев, к.т.н., В.И. Квашенников, д.т.н., профессор, В.А. Шахов, д.т.н., профессор, М.М. Константинов, д.т.н., профессор, С.П. Козловцева, аспирантка, М.И. Попова, аспирантка, ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ

В последнее время состояние молочнотоварных ферм Оренбургской области, как и в большинстве регионов России, характеризуется тенденцией спада производства молока и снижением численности поголовья животных. Такое положение связано с высокой себестоимостью производства молока. По мнению большинства российских экономистов, выход из этой сложной ситуации один – надо снижать убыточность производства молока.

Резервы снижения себестоимости, на наш взгляд, необходимо искать в экономии средств на первичную обработку молока.

Среди всех механизированных процессов обслуживания скота (кормление, поение, уборка навоза,

доение, охлаждение молока) процесс охлаждения является энергоёмким и самым перспективным с точки зрения сокращения затрат материально-энергетических ресурсов.

Сегодня на молочных фермах Оренбургской области большая часть свежесвыдоенного парного молока охлаждается искусственным холодом, вырабатываемым холодильными машинами. Холодильные машины сложны по устройству, потребляют большое количество электроэнергии, для их обслуживания и ремонта требуются высококвалифицированные кадры, что влечёт повышение себестоимости молока.

В связи с этим любое научное исследование, направленное на снижения себестоимости молока за счёт, например, уменьшения удельного расхода энергоносителей, в том числе и снижения расхода электроэнергии на производство и переработку молока, является актуальной задачей.