

З. Г. Алиев

## ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМОМ ОРОШЕНИЯ С/Х КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ГОРНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

*Ключевые слова: адаптация, растений, модель влажности, почва, онтогенеза, испарение, метеорология, математический аппарат, режим орошения, оптимизация, динамическая программирования и т.д.*

*Оперативное управление процессом орошения сельхозкультур становится необходимым, когда в процессе вегетации растений возникают отклонения от запланированного развития, прежде всего, когда метеорологическая обстановка - осадки, температура и влажности почвы, температура и влажности воздуха, ветровая обстановка, солнечная радиация, приток воды и инфильтрация и др. отклоняются от ранее запланированных на основании средних многолетних данных условий в регионе.*

*Keywords: adaptation, plants, model moisture, soil, ontogeny, evaporation, meteorology, mathematical tools, irrigation mode, optimization, dynamic programming, etc.*

*The operational management of the crop irrigation becomes necessary when in the course of the growing season there are deviations from the planned development, especially when the weather conditions - precipitation, temperature and soil moisture, temperature and humidity, wind conditions, solar radiation, water inflow and infiltration and others deviate from the previously planned based on the average long-term data of the region.*

### Введение

Используемые в современной практике методы определения режима орошения с/х культур и гидромодульные районирование зоны горного земледелия- зоны испытывающие недостаточное естественное увлажнения, сыграет большую роль при проектирование и эксплуатации систем орошения на этих площадях в республике.

Вместе с тем все возрастающий рост дефицита оросительной воды, ухудшение ее качества, вовлечение в оборот этих мелиоративное неплодотворных земель в регионах республики выявили существенное несоответствие оросительных норм местным условиям.[3].Надо отметить, что возникшие ограничения, связанные с дефицитом воды, создают уникальные возможности, при рациональном подходе к их преодолению, для решения многогранных проблем. При этом решая проблему дефицита воды можно развить приемлемые правила, подходы и технологии, которые будут стимулировать повышение урожайности с/х культур и мелиорации земель. Таким образом, возникает задача, имеющая решения в два аспекта:

1. Техническое оснащение системы управления орошением;

2. Разработка алгоритма корректировки плана орошения, составленного в начале процесса на основании средних многолетних данных, которые естественно могут отклоняться от реальности каждого периода.

При этом также должны учитываться отклонения от необходимого режима орошения, имевшие место в прошедший период, так как они влияют на последующие развитие растений и их водообеспеченность.

Анализ многочисленных исследований ряда ученых доказывает, что основным математическим аппаратом для решения оптимальной многоэтапной задачи управления поливом является метод динамического программирования. Полагается, что ос-

новным отличием здесь от альтернативной решений задачи долгосрочного прогнозирования являются:

1. Работа системы оптимизации орошения в режиме реального времени;

2. Использование датчиков контроля водного и температурного режимов почвы, воздуха;

3. Использование датчика развития эталонного растения.

4. Адаптация модели влажности почвы к изменением режима водопотребления.

5. Адаптация модели вегетации к отклонениям процесса вегетации;

6. Использование краткосрочного и долгосрочного метеорологических прогнозов.

Следовательно, здесь в качестве датчиков контроля режима сельскохозяйственного поля следует принять к использованию датчики следующих параметров: в.т.ч.

- влажности почвы на различных глубинах;
- температуры почвы на различных глубинах;
- температуры атмосферы;
- влажности атмосферы;
- интенсивности солнечной радиации;
- скорости ветра
- направление ветра;
- Расход полива;
- Количества осадков;
- Испарение влаги;
- степень мутности поливной воды;
- Величина удельного сопротивления стволов растений и др.

Полагается отметить, что в качестве датчиков сопротивления его стебля, которые позволяют контролировать рост растения, толщину стебля и состояние растения.

Кроме того, для контроля режимных параметров технологического оборудования (фильтров для очистки воды, дождевальных установок, насосного оборудования, оросительных и поливных трубопроводной сети) и за распределением воды пред-

лагается использовать датчики следующих параметров:

- мутности воды, подаваемой к дождевальным установкам (количество механических примесей содержащее в поливной воде не должно превышать 3 мг/л);
- расходы воды, подаваемой на сельскохозяйственное поле;
- давление воды в трубопроводной сети;
- работоспособности насосного оборудования и поливной техники и установок орошения.

При этом следует принять за основу управляющими переменными нижеследующих параметров:

1. Интенсивность полива;
2. Сроки полива, которые определяются в результате решения задачи «Оперативная оптимизация режима орошения сельскохозяйственных культур».

Надо полагать, что в общем случае модель влажности сельскохозяйственного поля имеет общий вид:

$$\frac{dW}{dt} = -E_f - E_T \quad (1)$$

Здесь  $E_T$  – расход воды на транспирацию;  $E_f$  – расход воды на физическое испарение.

По схеме в системе выделены блоки опроса датчиков, оценки физического испарения и транспирации  $E_f$  и  $E_T$

Блок  $E_f$  – обрабатывает показания датчиков температуры и влажности почвы и интенсивности солнечной радиации. Входами блока прогноза влажности почвы являются также величина транспирации  $E_T$  и объем полива, задаваемый блоком динамического программирования (через исполнительные механизмы полива).

Блок транспирации  $E_T$  обрабатывает показания датчиков влажности и температуры атмосферы, позволяя вычислить на их основании дефицита влажности воздуха. Далее с помощью биоклиматической кривой рассчитывается продуктивное водопотребление  $E_\tau$ .

Знание продуктивного водопотребления  $E_\tau$  позволяет осуществить прогноз вегетации с использованием модели

$$\frac{dR}{Dt} = b_0 - b_1 E_\tau + b_2 E_\tau^2 \quad (2)$$

где  $R$  - стебля эталонного растения.

Среднесуточный дефицит водопотребления за расчетный период определяется из соотношения;

$$DB = E_\tau - (P_\tau - \Delta P) - \Gamma, \text{ мм} \quad (3)$$

где  $E_\tau = \sum K_\sigma$ ;  $\sum d$  – сумма среднесуточного дефицита влажности воздуха на расчетный период которое, определяется из отношении:  $K_\sigma$  – биоклиматический коэффициент испарения для данной сельхозкультуры исследуемого региона;  $P_\tau$  – осадки за расчетный период, мм;  $\Delta P$  – потери осадков на сток и фильтра-

ции;  $E_\tau$  - водопотребление сельхозкультуры, которое также может позволить определить необходимый объем полива.

Дефицит влажности воздуха  $d$  определяется следующим образом. Но соответствующим измерительным приборам определяются температура воздуха  $T$  определяется упругость водяных паров  $U_{вп}$  и измеренной величине относительной влажности воздуха  $\beta$ ;

$$\beta = U_{мх} \beta_i \quad (4)$$

при этом дефицит влажности воздуха определяется по формуле:

$$d = U_m - \beta \quad (5)$$

Необходимый объем, полива определяется с учетом скорости ветра и температуры воздуха при помощи выражения:

$$m_\tau = \frac{DBK_{cm}}{100 \frac{cm}{H}} \quad (6)$$

Здесь  $K_{cm} = 1,25$  – коэффициент, учитывающий затраты на смачивание листовой поверхности сельхозкультур, зависящий от культуры, фазы ее развития и процента орошаемой площади, находящейся под кроной или листовой поверхностью растений.

Влияние температуры атмосферы и скорости ветра учитываются с помощью коэффициента:

$$H = t \left(1 - \frac{a}{100}\right) (a \times V_p - q) \quad (7)$$

где  $a$  - относительная влажность воздуха в момент дождевания;  $t$  - температура атмосферы;  $V_p$  - расчетная скорость ветра на высоте 2 м. Следовательно, здесь должны адаптироваться  $K_{cm}$ ,  $d$  и  $q$ . При этом необходимость адаптации модели влажности почвы к изменениям режима водообеспечения вызывается по следующим причинам:

- медленным трендом (монотонным изменением) свойства почвы, вследствие истощения плодородного слоя;
- изменением свойств поливной и грунтовой воды.

Вследствие этих факторов меняется чувствительность растений к поливу и к внесению минеральных удобрений и оказывается необходимой адаптация модели.

Надо отметить, что несколько иначе выглядят причины (факторы способствующие к ним), вызывающие необходимость адаптации модели вегетации.

Полагается, что при отклонениях температурного режима и режима водообеспечения последствия проявляются в дальнейшем процессе вегетации растений. При этом возникает необходимость в адаптации модели вегетации.

Адаптации модели влажности почвы и вегетации производится в блоках адаптации модели

влажности почвы (АМВП) и адаптации модели вегетации (АМВ), где производится сравнение прогноза влажности почвы с показаниями системы контроля сопротивления стебля растений. После адаптации модели поступают на хранение в банк моделей влажности почвы (БМВП) и банк моделей вегетации (БМВ).

В момент решения задачи динамического программирования модели извлекаются из БМВП и БМВ.

Адаптация моделей онтогенеза и влажности почвы необходима ввиду изменений свойства почвы, которые влияют на взаимодействие корневой системы с почвой и интенсивность обмена и накопления влаги. После решения задачи динамического программирования требуемый в данный момент объем полива выдается на исполнительные механизмы полива (ИМП). Далее с задержкой времени рассчитанное значение объема полива передается также в блок прогноза влажности почвы. Влияние времени на испарение после полива в виде:

$$E(t) = E_1 - 0,3(t-1) \quad (8)$$

где  $t$  - время после полива;  $E_1$  - испарение за первые сутки.

Для дня увлажнения  $t = 0$

Следует отметить, что при этом надо учесть применение формулы оценки необходимости полива внутри циклов полива, например, внутри декад. Это модель имеет недостаток, состоящий в том, что она не учитывает температурные и ветровые условия.

Для реализации оперативной оптимизации используется следующая информация:

- 1) период планирования в виде дат начала и конца периода;
- 2) биоклиматические кривые с/х культур;
- 3) усредненный по многолетним данным метеорологический прогноз величины осадков, температуры и влажности почвы;
- 4) усредненные данные о поверхностном стоке;
- 5) усредненные многолетние данные о дефиците влажности воздуха;
- 6) временной шаг планирования - декада, сутки;
- 7) усредненные многолетние данные о грунтовом притоке - подпитке;
- 8) тип почвы;
- 9) усредненные многолетние данные об инфильтрации влаг в грунт;
- 10) усредненные многолетние данные о начале и конце фенологических фаз по сельхозкультурам;
- 11) данные о начальном запасе влаги;
- 12) усредненные данные о скорости ветра;
- 13) усредненные многолетние данные о потере от недополива в различных фазах развития различных с/х культур;
- 14) усредненные многолетние данные о температурах воздуха в период вегетации;

15) телемеханическая информация о перечисленных выше параметрах.

Оперативная оптимизация выполняется на ПЭВМ соответствующей программой с последующей распечаткой полученных нижеследующих результатов:

- дата;
- объем поливной нормы;
- величина недополива;
- величина переполива;
- фаза вегетации;
- периодичности полива;
- урожайности;
- расхода электроэнергии;
- потерь;
- затрат;
- оросительной нормы;
- количества поливов

Следует учесть, что задача решается от текущей даты  $T$  до  $T_c$  а не от  $T_b$ .

Стартовая влажность при  $T_b$  определяется датчиком либо по данным лабораторного (расчетно-аналитического) контроля. При наличии многих полей у одного пользователя, тогда

$$\sum q_i(t) < Q(t). \quad (9)$$

где  $q_i$  – полив  $i$ -го поля в момент  $t$ ;  $Q(t)$  – суммарный расход воды в момент  $t$ .

$$\sum_{i=1}^m q_i(t) \leq R(t)$$

$$V_{i \min} \leq q_i(t) \leq V_{i \max}, \quad i=1, \dots, m \quad (10)$$

$$W_{i \min}(t) \leq W_{i(t)} \leq W_{i \max}(t)$$

Здесь  $R(t)$ - оплачиваемый ресурс воды;  $V_{i \min}, V_{i \max}$  - минимальная и максимальная границы полива(нормы полива);  $W_{i \min}, W_{i \max}$  - минимальная и максимальная границы влажности.

Теперь рассмотрим наличие многих пользователей и каждый оплачивает свое потребление воды. То есть:

$$\sum_{i=1}^m R_i(t) \leq Q(t)$$

$$q_i(t) \leq R_i(t) \quad (11)$$

$$W_{i \min}(t) \leq W_{i(t)} \leq W_{i \max}(t)$$

$$V_{i \min} \leq q_i(t) \leq \min [V_{i \max}(t), R_c(t)]$$

где  $R_i$ -максимально допустимый, оплачиваемый  $i$ -й потребителем полив в момент  $t$  времени на  $i$ -ом поле. При этом минимально допустимый полив на  $i$ -ом поле определяется потерями при отклонении полива от принятого по биоклиматической кривой.

При первом обратном ходе решается задача согласования режима полива по предполивной влажности для  $(t)$  и  $(t+1)$ -ой строк сетки. Кроме того производится выбор оптимального элемента пути между узлами сеток каждого поля. Отметим, что

сетка разделяется на  $m_i$  подсеток, каждая из которых описывает процессы на  $i$ -ом поле.

Здесь подсистемы представляют собой самостоятельные задачи, которые объединяются между собой в зависимости от условий и типа задачи. Таким образом, если сетка по влажности принята имеющей-  $m_w$  делений, а сетка по поливу-  $m_p$  делений, то количество обобщенных операций составит не менее –  $(m_w \cdot m_p \cdot m_f)$ , каждая из которых в свое очередь велика.

Для всего этого, при выборе начала пути, в момент начала «прямого прохода» решается вспомогательная задача оптимизации после установления связи по влажности почвы со стартовой влажностью почвы.

При этом задача упрощается, и общие потери определяются по формуле:

$$\min \Pi = \sum_{i=1}^m \Pi_i \quad (12)$$

Так как целевые функции разных полей связаны с заданным условием, проверяемым ранее.

### Заключение

Основным математическим аппаратом для решения оптимальной многоэтапной задачи управления поливом является метод динамического программирования. Следовательно, по адаптации модели влажности почвы и вегетации производимой в блоках адаптации модели влажности почвы (АМВП) и адаптации модели вегетации (АМВ), где производится сравнение прогноза влажности почвы с показателями системы контроля сопротивления стебля растений. При этом ввиду изменения свойства почвы, которые влияют на взаимодействие корневой системы с почвой и интенсивность обмена и накоп-

ления влаги, необходима определить адаптация моделей онтогенеза и влажности почвы. Далее после решения задачи динамического программирования требуемый в данный момент объем полива выдается на исполнительные механизмы полива (ИМП).

### Литература

1. Ялийев З.Ш., Аьайев Н.А. Азярбайжан Республикасында торпаг вья су ресусларындан сямяряли истифадя едилмясинин елми ясастандырылмасы. Ж. АУДИТ. №3-4. Бақы-2007. сящ. 43-46.
2. Алиев Б.Г., Алиев З.Г и др. Техника и технология малоинтенсивного орошения в условиях горного региона Азербайджана. Изд-во «Элм», Баку-1999. 220 с.
3. Алиев Б.Г., Алиев И.Н., Агаев Н.А. Экологическая безопасная технология микроорошения с/х культур в условиях недостаточно увлажненных зон Азербайджана. Изд-во «Зия-Нурлан» Баку-2002. 163 с.
4. Алиев Б.Г., Алиев З.Г., Районирование территории Азербайджанской республики по выбору прогрессивной техники полива. Монография, Изд-во «Зия-Нурлан» ИПЦ, Баку-2001. 249 с.
5. Алиев З.Г., Алиев Б.Г. Исследования комплексных показателей надежности систем микроорошения для условий горно-орошаемого земледелия в Азербайджане. НТО. (Рекомендация) Архив. НПО «Импульс» Баку-1997, 59 с.
6. Алиев Б.Г., Алиев З.Г. Предпосылки решения проблем водообеспеченности с/х производства в горных и предгорных регионах Азербайджана. Труды НИИ «Эрозия и Орошение». Баку-1999, стр. 125-129.
7. Aliev Z.H., Aliev B.H. The studies of the complex factors to system reliability micro irrigation for conditions is blazed- irrigated husbandries in Azerbaijan. SRI (The Recommendation), Archive. NPO "Pulse", Baku, 1997, p.59.