

ливания сельскохозяйственных культур, интегрированных в информационные технологии [4, 5].

Выводы

1 Основой интенсивного земледелия являются получение достоверной информации (массива данных) о состоянии сельскохозяйственного поля и создание оптимальных условий для роста и развития растений без нарушений норм экологической безопасности, т. е. внедрение технологии точного земледелия.

2 Для условий аридных зон на орошаемых землях предлагается использовать в системе точного земледелия широкозахватные дождевальные машины кругового и фронтального действия с функциями внесения удобрений и химических средств защиты растений от вредителей и болезней.

3 С целью создания оптимальных условий для роста и развития растений орошаемое поле разбивается на элементарные участки, для которых выполняется агрохимический анализ почвы и составляется электронная карта – схема обследования (картограмма поля), определяющая структуру будущей геоинформационной базы данных о количественном внесении необходимых удобрений или химических средств защиты растений.

4 Внесение удобрений и химических средств защиты растений с использованием дождевальных машин обеспечивается установкой на них навигационной системы GPS и многоканальных микропроцессоров с подключением к ним датчиков и исполнительных механизмов (опрыскивателей, распределителей минеральных удобрений, дождевателей).

5 Анализ существующих способов внесения жидких удобрений показывает, что в наибольшей степени прецизионным требованиям отвечает качественно новая и эффективная технология дифференцированного внесения удобрений в соответствии с внутренней неоднородностью плодородия почв.

Список использованных источников

1 Соловьева, Н. Ф. Жидкие удобрения и современные методы их применения: науч. изд. / Н. Ф. Соловьева. – М.: Росинформагротех, 2010. – 76 с.

2 Точное земледелие – инвестиции в будущее [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agroin-form.ru>, 2015.

3 Якушев, В. П. Информационное обеспечение точного земледелия / В. П. Якушев, В. В. Якушев. – СПб.: ПИЯФ РАН, 2007. – 384 с.

4 Точное земледелие на вооружении у сельхозпроизводителей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agro-inform.ru>, 2015.

5 Агрохимическое обследование в точном земледелии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agrophys.com>, 2015.

УДК 626.81/.84

А. Л. Кожанов

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКРЫТОЙ БЕЗНАПОРНОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ В ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Целью исследований являлось изучение использования энергии водного потока в безнапорной оросительной сети энергоэффективных оросительных систем нового поколения с минимизацией применения насосно-силового оборудования и внешних источников электроэнергии. Приводятся понятие и схемы свободного напора в безнапорных трубопроводах оросительной сети и основные расчетные зависимости для его определения при различных условиях прокладки трубопровода (подземная и поверхно-

стная). Выявлены преимущества и недостатки безнапорной сети по отношению к напорной. Обозначены основные условия применения закрытой безнапорной оросительной сети в энергоэффективных оросительных системах: уклон местности, который должен быть больше оптимального уклона, то есть при условии $i > i_{\text{опт}}$; превышение естественного падения местности над потерями напора по длине трубопровода, то есть при условии $i \cdot L \geq \sum h$; уклон местности должен быть меньше уклона, необходимого для создания напорного режима, обеспечивающего работу дальнеструйных дождевальными машинами, мини- или микроГЭС; невозможность применения открытой сети каналов из-за рельефных, почвенных, топографических, гидрогеологических и других условий; изрезанность склона участков орошения, которая не должна затруднять устройство временных оросителей.

Ключевые слова: энергоэффективность, оросительная сеть, безнапорный режим, закрытая сеть, самонапорная система, самотечная система.

Вопросы оценки экономической и энергетической эффективности оросительных мелиораций, способствующей снижению энергопотребления ресурсов и непроизводительных потерь оросительной воды, в последнее время стали привлекать большое внимание ученых [1]. Постоянное повышение цен на энергоносители (электроэнергия, ГСМ и др.) и основные расходные материалы (трубы, оборудование и др.) ведет к необходимости пересмотра ряда принципиальных положений и подходов к оценке экономической и энергетической эффективности орошения. Магистральная система водоподдачи и водораспределения, а также передача воды на дальние расстояния требует нового методического обоснования проектных решений. Немаловажное значение имеют:

- вопросы снижения напоров в трубопроводной сети;
- применение низконапорных и безнапорных систем водоподдачи;
- исключение аварийных, непроизводительных и технологических потерь и сбросов;
- разработка эксплуатационных мероприятий, направленных на экономию электроэнергии за счет использования потенциальной и кинетической энергий водного потока.

В настоящее время эксплуатация орошаемых земель, расположенных на равнинных территориях Российской Федерации, является достаточно энергозатратной. Восполнение затрат на полив возможно только при выращивании овощных культур. В то же время имеются значительные резервы неосвоенных земель, пригодных для орошения в горных и предгорных зонах. Эти земельные площади характеризуются наличием значительных перепадов отметок поверхности, которые с успехом можно использовать для создания необходимых напоров с помощью энергоэффективных оросительных систем с самонапорной или самотечной водоподдачей, осуществляемой за счет действия энергии водного потока, снижая тем самым энергоемкость систем орошения [2–4].

Применение закрытой оросительной сети в данных условиях имеет ряд преимуществ по сравнению с открытой сетью:

- отсутствие потерь воды на фильтрацию и испарение;
- коэффициент полезного действия сети – не менее 0,98;
- высокий коэффициент земельного использования, достигающий 0,97;
- улучшенные условия механизации сельскохозяйственных работ;
- облегчение распределения воды по площади при сложном рельефе;
- повышенная производительность труда поливальщиков;
- наиболее благоприятные условия для автоматизации поливов.

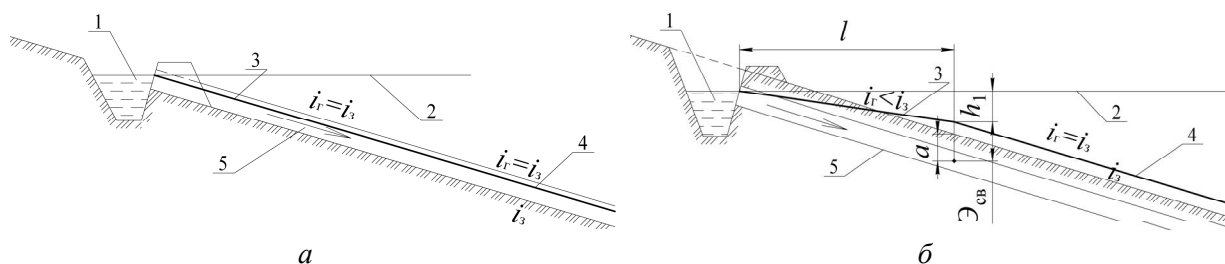
В соответствии со сводом правил СП 100.13330.2011 (СНиП 2.06.03-85) [5] при уклонах местности более 0,003 для производства поверхностных поливов следует применять закрытую самотечную трубчатую сеть: напорную или безнапорную.

Энергоэффективные оросительные системы с безнапорным режимом можно использовать в предгорных и горных районах страны там, где имеется естественный ук-

лон местности, превышающий 0,002–0,003. Это необходимо для движения воды по трубопроводам за счет напора, создаваемого превышением естественного падения поверхности над потерями напора по длине трубопровода и местными, то есть при условии $i \cdot L \geq \sum h$.

По мнению Ш. С. Бобохидзе [6], энергия водного потока, возникающая в безнапорном трубопроводе за счет геометрической разности отметок поверхности земли по трассе трубопровода, используется для преодоления сопротивлений по длине трубопровода и местных. Исключение составляет некоторая ее часть, необходимая для подачи воды на поверхность земли, при условии подземной прокладки трубопровода. Поэтому при проектировании данных систем следует предусмотреть свободный напор $\mathcal{E}_{\text{св}}$, обеспечивающий подачу воды на поверхность земли.

В безнапорном трубопроводе при поверхностной прокладке свободный напор равен нулю, а при подземной прокладке равен примерно 1–2 м, что соответствует глубине заложения трубопровода (рисунок 1).



а – при поверхностной прокладке трубопровода; б – при подземной прокладке трубопровода;
 1 – канал; 2 – линия статического напора; 3 – пьезометрическая линия; 4 – линия полной энергии, соответствующая безнапорному режиму движения в трубопроводе; 5 – трубопровод

Рисунок 1 – Схема к понятию свободного напора в безнапорных трубопроводах оросительной сети

Если безнапорные трубопроводы необходимы в пределах транзитных участков, то их рассчитывают так, чтобы гидравлический уклон i_r был меньше уклона поверхности земли i_3 . За счет этой разности и создается нужный свободный напор:

$$\mathcal{E}_{\text{св}} = l(i_3 - i_r) + a,$$

где $\mathcal{E}_{\text{св}}$ – свободный напор, необходимый для подачи воды на поверхность земли, м;

l – расстояние от водозабора до гидрантов-водовыпусков в открытую сеть, м;

i_3 – уклон поверхности земли;

i_r – гидравлический уклон;

a – заглубление центра трубы ниже поверхности земли, м.

При прокладке трубопроводов по поверхности земли параметр a будет равен нулю.

В этих зависимостях l , i_3 и a можно считать известными величинами. Гидравлический уклон i_r и диаметр трубопровода d связаны между собой зависимостью:

$$i_r = \frac{h}{l} = \frac{\lambda \cdot v^2}{d \cdot 2 \cdot g},$$

где i_r – гидравлический уклон;

h – потери напора по длине трубопровода, м;

l – длина трубопровода, м;

λ – коэффициент гидравлического сопротивления;

v – средняя скорость течения воды, м/с;

d – диаметр трубопровода, м;

g – ускорение силы тяжести, м/с².

Значение коэффициента λ зависит от вида сопротивления (область гидравлически гладких труб, переходная или квадратичная область) и материала труб. Числовые значения λ можно найти в гидравлических справочниках.

Длину транзитного участка l (м) при подземной прокладке трубопровода в общем виде можно записать так:

$$l = \frac{\mathcal{E}_{\text{св}} - a}{i_3 - i_{\Gamma}}.$$

Дальше транзитного участка энергия воды, создаваемая за счет уклона поверхности земли, полностью используется на преодоление гидравлических сопротивлений, то есть $i_{\Gamma} = i_3$, и величина свободного напора остается постоянной ($\mathcal{E}_{\text{св}} = \text{const}$).

Однако величина i_{Γ} , показанная на схеме (рисунок 1), представляет сумму двух уклонов:

$$i_{\Gamma} = i_l + i_m,$$

где i_l – уклон, соответствующий потерям энергии на трение по длине;

$i_m = \frac{h_m}{l}$ – уклон, соответствующий местным потерям энергии в гидрантах-водовыпусках h_m ;

l – расстояние от водозабора до гидранта-водовыпуска или между гидрантами-водовыпусками, м.

Таким образом, диаметр трубопровода за транзитной зоной рассчитывают, исходя из величины уклона i_l . Чем больше i_l , тем больше диаметр трубопровода. Поэтому i_l и h_m должны быть как можно меньшей величины.

Вариант оросительной системы с безнапорной сетью имеет положительные и отрицательные стороны по отношению к напорной сети. В безнапорном варианте сети неизбежно появление определенного сбросного расхода в конце распределительных трубопроводов, что снижает КПД системы. Поэтому при разработке энергоэффективных оросительных систем нового поколения с закрытой безнапорной оросительной сетью необходимо устранять основной недостаток – холостой, непроизводительный сброс воды в конце распределительных трубопроводов. Для устранения данного недостатка предлагается использование этого сброса для дальнейшего орошения или других нужд, например, в рыбном хозяйстве [2].

Сечение распределительных трубопроводов в закрытой безнапорной сети значительно меньше, чем в закрытой напорной сети. В связи с этим не требуются высоконапорные, дорогие, дефицитные трубы и другие материалы, количество искусственных сооружений значительно меньше, в напорной сети неизбежны большие потери воды, возникающие из-за утечки через уплотнения многочисленных задвижек и стыков труб, которые находятся большей частью под напором. Вода вследствие утечки попадает непосредственно на орошаемое поле и вызывает эрозию, заболачивание и засоление почвы. Поэтому КПД оросительной системы при напорной сети в ряде случаев может оказаться ниже, чем при закрытой безнапорной сети.

Строительная стоимость безнапорной сети значительно ниже стоимости строительства напорной сети.

Таким образом, применение напорной оросительной сети может оказаться более экономичной только при больших уклонах местности, когда напор в сети обеспечивает дождевание дальнеструйными аппаратами, работу мини- или микроГЭС, или когда

слишком большая изрезанность склона затрудняет устройство временных оросителей.

Основными условиями использования закрытой безнапорной оросительной сети являются:

- уклон местности, который должен быть больше оптимального уклона, то есть при условии $i > i_{\text{опт}}$;

- превышение естественного падения местности над потерями напора по длине трубопровода, то есть при условии $i \cdot L \geq \sum h$;

- уклон местности должен быть меньше уклона, необходимого для создания напорного режима, обеспечивающего работу дальнеструйных дождевальными машинами, мини- или микроГЭС;

- невозможность применения открытой сети каналов из-за рельефных, почвенных, топографических, гидрогеологических и других условий;

- изрезанность склона участков орошения, которая не должна затруднять устройство временных оросителей.

Список использованных источников

1 Кожанов, А. Л. Основные принципы энергетической оценки жизненного цикла оросительной системы / А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – Вып. 4(60). – С. 29–34.

2 Кожанов, А. Л. К вопросу разработки энергоэффективных оросительных систем нового поколения / А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – Вып. 3(59). – С. 62–65.

3 Штанько, А. С. Энергоэффективные оросительные системы / А. С. Штанько // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – Вып. 4(60). – С. 11–15.

4 Снипич, Ю. Ф. Оценка эффективности низкоэнергоемких оросительных систем / Ю. Ф. Снипич, А. Н. Бабищев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Вып. 55. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – С. 109–118.

5 СНиП 2.06.03-85. Мелиоративные системы и сооружения. – Введ. 1985-12-17. – М.: Госстрой СССР, 1985. – 140 с.

6 Бобохидзе, Ш. С. Гидравлическая автоматизация водораспределения на оросительных системах / Ш. С. Бобохидзе. – М.: Колос, 1973. – 248 с.

УДК 626.845

А. Е. Шепелев

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДОЖДЯ ПОЛИВНОЙ ТЕХНИКИ

Целью исследований являлись обзор и анализ агротехнических показателей искусственного дождя, создаваемого поливной техникой. Анализировались изыскания и научные разработки ученых по данному направлению. В ходе проведенных исследований были определены показатели искусственного дождя и основные требования к ним. Качество искусственного дождя характеризуется среднеэффективной интенсивностью или слоем осадков в единицу времени, диаметром капель и коэффициентами, учитывающими равномерность распределения дождя на орошаемой площади, то есть равномерность распределения воды по орошаемой площади без образования поверхно-