

## Выводы

Разработаны аналитические зависимости и уравнения для расчета углов наклона пазов роторов вакуумного насоса, учитывающие число пластин и позволяющие рационально увеличить межремонтный срок службы пластин.

10.07.2014

## Литература

1. Ротационные компрессоры / под ред. А.Г. Головинцова. – М.: Машиностроение, 1964. – 315 с.
1. Фролов, Е.С. Механические вакуумные насосы / Е.С. Фролов, И.В. Автономова, В.И. Васильев, Н.К. Никулин, П.И. Пластинин. – М.: Машиностроение, 1989. – 288 с.: ил.
3. Зеленецкий, С.Б. Ротационные пневматические двигатели / С.Б. Зеленецкий, Е.Д. Рябков, А.Г. Микеров. – Л.: Машиностроение, 1976. – 240 с.
4. Колончук, М.В. Исследование пластинчатых вакуумных насосов. – Минск: Агропанорама. – 2007. – № 5. – С. 23–28.

УДК 631.67:635

**Н.Ф. Капустин, Э.К. Снежко**  
(РУП «НПЦ НАН Беларуси по  
механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)

**НАЗНАЧЕНИЕ, ОСОБЕННОСТИ  
И МЕТОДИКА РАСЧЕТА  
СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО  
ПОЛИВА ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР  
ОТКРЫТОГО ГРУНТА**

## Введение

Повторяющиеся в последнее время засухи, а также неравномерное выпадение осадков на территории Республики Беларусь позволяют получать стабильно высокие урожаи сельскохозяйственных культур только при применении специализированных систем полива. В искусственном орошении, прежде всего, нуждаются овощи, ряд технических культур, картофель, сахарная свекла, травы и культурные пастбища. Основное назначение орошения – поддержание в корнеобитаемом слое почвы оптимального водного режима в течение вегетационного периода. При этом решаются вопросы регулируемых поливов: влагозарядного, предпосевного, вегетативного, подкормочного и освежительного. Так как вода является проводником основных питательных веществ к корневой системе, то ее недостаток сказывается в конечном итоге и на качестве получаемого продукта.

Территорию Беларуси относят к зоне избыточного увлажнения. Однако правильнее относить ее к зоне с неустойчивым режимом естественного увлажнения и тепловой обеспеченности. Такая неустойчивость приводит к значительным колебаниям по годам урожайности

сельскохозяйственных культур, выращиваемых в открытом грунте. Недобор осадков в период активной вегетации наносит огромный ущерб сельскому хозяйству и крайне негативным образом сказывается на продуктивности сельскохозяйственных угодий, сводя к минимуму влияние на урожай всех остальных факторов (удобрений, защиты растений, качества посадочного материала, обеспеченности техникой и т. д.) [1].

### **Преимущества систем капельного полива**

Среди различных способов и систем орошения в последние годы наибольшее распространение в аграрном секторе развитых стран мира получают системы капельного полива [2–4].

Преимущества систем капельного полива заключаются в эффективном и экономном использовании воды за счет точного и равномерного дозирования, в низких потерях воды на испарение и в сухом состоянии надземной части растений и междурядий, что позволяет использовать технику для обработки растений. Кроме того, капельный полив обеспечивает защиту структуры почвы и нечувствительность к воздушным потокам (ветру). Эти и другие преимущества системы капельного полива, например возможность одновременного экономного внесения удобрений (система фертигации), делают ее одной из самых энерго- и ресурсосберегающих и рентабельных систем орошения, несмотря на определенные затраты ручного труда при ее монтаже и более высокую первоначальную стоимость.

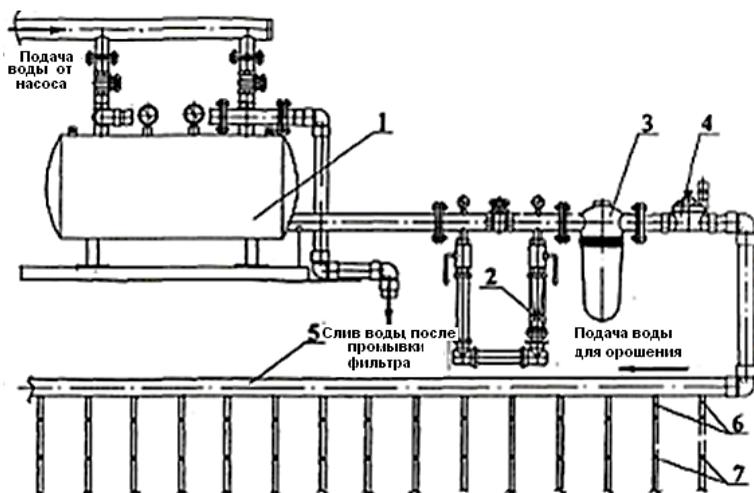
Преимущества при таком внесении имеют жидкие удобрения и удобрения, которые полностью растворяются в воде без образования осадка. К ним можно отнести удобрения серии «Террафлекс» (марки Т, С, S, F), «Растворин» (марки А, А<sub>1</sub>, Б, Б<sub>1</sub>), «Акварин» (№ 1.16), «Кристалон» (ярьлки красный, белый, голубой, оранжевый).

Зарубежный опыт и положительные результаты на всех сельскохозяйственных культурах и на всех типах почв способствуют динамичному развитию этого способа орошения в условиях Беларуси. Применение капельного орошения радикально изменило современный подход к комплексу вода – почва – растение на фоне дозированного режима питания и способствовало новому подходу в области орошения вообще.

Существуют две системы капельного орошения – трубка капельного орошения и лента капельного орошения. Качество каждой из систем зависит от толщины (плотности) трубки или ленты.

### **Конструктивные особенности систем капельного полива**

Комплектация системы капельного орошения (рисунок 76) состоит из водяного насоса, узла подготовки и внесения удобрений, фильтростанции, магистральных трубопроводов, регуляторов давления, разводящих трубопроводов и соединительной запорной фурнитуры.



1 – песчано-гравийный фильтр (грубая очистка); 2 – удобрительный узел; 3 – дисковый фильтр (тонкая очистка); 4 – регулятор давления; 5 – распределительный трубопровод; 6 – ленты капельного орошения; 7 – капельницы

**Рисунок 76 – Схема компоновки оборудования и подачи воды для капельного полива овощей в открытом грунте**

Дополнительно система может содержать узлы автоматического контроля и управления системой, а также учета воды.

Одним из важнейших элементов системы капельного полива является фильтростанция. В зависимости от наличия в поливной воде определенных примесей и величины орошаемой площади фильтростанция может включать сетчатые, дисковые, гравийные и гидроциклонные фильтры.

Сетчатые фильтры устанавливаются после гравийного с очистительной и предупредительной целью. Они состоят из корпуса и фильтрующего элемента в виде мелкоячеистой сетки и применяются для фильтрования воды при невысоком содержании неорганических частиц. Степень очистки воды зависит от размеров ячейки фильтрующей сетки, а пропускная способность – от площади. При засорении фильтрующий элемент промывается обратным потоком воды.

Дисковые фильтры разработаны для более глубокого фильтрования. Они состоят из корпуса и фильтрующего элемента в виде набора плотно сжатых тонких дисков с радиальными канавками. В них сочетается надежность и наименьшая себестоимость обслуживания. Используются для удаления неорганических и органических частиц при заборе воды из скважин. При засорении также могут промываться обратным потоком воды.

Гравийные фильтры используются при заборе воды непосредственно из открытых водоемов и служат для удаления органических и неорганических частиц. Применяемый в качестве фильтрующего элемента песок за счет своей высокой удельной фильтрационной поверхности позволяет удерживать большие количества взвешенных частиц. Промывка производится обратным потоком воды. Засыпаемая гравийно-песчаная смесь используется двух фракций: крупная (1,2–2,4 мм) засыпается снизу, а мелкая (0,5–0,8 мм) – сверху.

Удобрительный узел предназначен для ежедневного дозированного внесения удобрений и средств защиты растений от почвенных вредителей.

Обычно применяются удобрительные узлы трех видов:

- принудительного внесения – используют посторонний источник энергии для принудительной подачи раствора в систему;
- инжекторного типа – используют поток воды для всасывания удобрений путем создания искусственного разрежения. Отличаются простотой и надежностью, но имеют недостаток – сложность регулирования подачи раствора;
- дозаторы – используют поток воды для механического дозирования раствора. Отличаются высокой точностью дозирования, к недостаткам можно отнести повышенные требования к обслуживанию.



Рисунок 77 – Регулятор давления

Регулятор давления (рисунок 77) служит для поддержания постоянного давления в оросительных трубках согласно паспортным данным. Регулятор давления состоит из корпуса и крышки, между которыми расположена диафрагма. Корпус имеет две камеры, разделенные перемычкой таким образом, что прижатая к перемычке диафрагма перекрывает движение воды из одной камеры в другую. Между

крышкой и диафрагмой имеется пружина, благодаря которой регулятор может исполнять роль запорного устройства. Входная камера соединена трубкой с полостью над диафрагмой и далее через тройник и дроссель – с выходной камерой.

При закрытом дросселе давление воды во входной камере и полости над диафрагмой выравнивается, пружина прижимает диафрагму к перемычке, перекрывая поступление воды в систему. При регулировании дросселем сброса воды из полости над диафрагмой регулируется давление в системе. Если в системе повышается давление, оно автома-

тически повышается и над диафрагмой, тогда диафрагма под действием пружины опускается, уменьшая подачу воды. И наоборот.

Свою классификацию имеют поливные трубопроводы:

1. По типу – лента или трубка. Ленты – цельнотянутый продукт с приклеенной полосой полиэтилена (эмиттера), в результате чего образуется канал водовыпуска. Трубки – цельнотянутый продукт, получают с помощью экструдеров.

2. По типу капельницы – с жесткой капельницей и мягкой. Мягкая капельница – неотделимый элемент ленты капельного орошения. Жесткая капельница – отдельный элемент трубки капельного орошения со множеством лабиринтов.

3. Компенсированные и некомпенсированные. Некомпенсированные – при изменении давления меняется расход воды. Компенсированные – при изменении давления внутри трубки капельного орошения расход воды остается неизменным.

### **Методика расчета систем капельного орошения**

Порядок проектирования системы капельного орошения:

- предварительный расчет водопотребления;
- расчет количества оросительной трубки на участок согласно схеме посадки;
- деление участка на поливные блоки (учитывая длину рядов, мощность насоса, дебет скважины);
- подбор фильтростанции (учитывая расход воды по блокам, желаемое время полива участка).

### **Подбор магистральных и разводящих трубопроводов**

Для начала определяют максимальную ежедневную потребность в воде с целью проверки возможностей водоисточника, выбора фильтростанции и остальной фурнитуры. Исходя из этого, производят предварительный расчет пропускной возможности фильтростанции по формуле:

$$Q = \frac{n_{уд} \cdot S}{T}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $n_{уд}$  – удельная норма полива,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;

$S$  – планируемая площадь орошения,  $\text{га}$ ;

$T$  – планируемое время работы системы в сутки, 16–20 ч.

Если источник водоснабжения обеспечивает расчетный расход воды, переходят к следующему этапу расчета проекта.

Расчет количества оросительной трубки ведется с учетом перечня возделываемых культур.

Для каждой культуры, с учетом возделываемой площади и схемы посадки, рассчитывается потребность в оросительной трубке:

$$L_r = \frac{S_k \cdot 10000}{L}, \text{ м,}$$

где  $S_k$  – площадь возделываемой культуры, га;

$L$  – расстояние между оросительными трубками (схема посадки), м.

### Разбивка участка на поливочные блоки

При разбивке участка на поливочные блоки необходимо знать максимальную пропускную способность разводного рукава. В особых случаях возможно повышение пропускной способности на 10–15 %. Следовательно, водопотребление одного поливного блока не должно превышать возможности разводного трубопровода. Как контрольные показатели максимальной пропускной способности трубопроводов принимаются значения: для диаметра 25 мм – 4 м<sup>3</sup>/ч, для 32 мм – 6 м<sup>3</sup>/ч, для 63 мм – 23 м<sup>3</sup>/ч, 75 мм – 40 м<sup>3</sup>/ч, 110 мм – 80 м<sup>3</sup>/ч, 125 мм – 88 м<sup>3</sup>/ч, 140 мм – 110 м<sup>3</sup>/ч.

Исходя из диаметров разводящих трубопроводов и схемы посадки, выбирается площадь поливочных блоков.

Зависимость для расчета размеров поливочного блока:

$$S = \frac{Q_r \cdot L \cdot x}{10 \cdot q},$$

где  $S$  – площадь поливочного блока, га;

$Q_r$  – пропускная способность разводного трубопровода, м<sup>3</sup>/ч;

$L$  – расстояние между оросительными трубками (схема посадки), м;

$x$  – расстояние между эмиттерами оросительной трубки, м.

$q$  – норма вылива одного эмиттера, л/ч.

Далее определяется предварительное количество поливочных блоков. Для этого общую площадь возделываемой культуры делят на расчетную площадь блока и округляют в сторону увеличения. При невозможности размещения или экономической нецелесообразности расчетного количества поливочных блоков идут на увеличение их количества.

Для определения расхода воды на гектар пользуются следующей зависимостью:

$$W = \frac{10 \cdot q}{L \cdot x}, \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Следующий этап – определение геометрических размеров поливочных блоков. Разводной трубопровод может проходить через поливной блок посередине (или со смещением) или по границе поливного блока. В большинстве случаев более выгодно разводной трубопровод располагать посередине орошаемого блока с двусторонней разводкой оросительных трубок, из-за высокой стоимости трубопровода. В отдельных случаях экономически более целесообразно одностороннее расположение оросительных трубок относительно разводного трубопровода при неудобной конфигурации поля и высоких затратах на магистральные трубопроводы.

Второй фактор, влияющий на геометрические размеры поливных блоков – это техническая характеристика оросительной трубки. Можно задавать 5–15 % неравномерности полива. Разбивая поле на поливочные блоки, экономически целесообразно использовать поливочные гоны 0,7–1,0 от максимальной длины. Определив длину поливочных блоков, рассчитывают длины разводных трубопроводов. Для этого делят площадь поливочных блоков на размах поливочных блоков. Следует не допускать выращивания в одном блоке разных культур, особенно с разными нормами полива и удобрений. Если возникает такая необходимость, используют соединительные фитинги с кранами. Также нельзя использовать различные схемы посадки с разных сторон одного разводного трубопровода.

*Уточнение потребности в воде и составление схемы полива.* После определения количества и размеров поливочных блоков уточняют расход воды на каждый поливочный блок.

$$W_i = W \cdot S_{\text{б}},$$

где  $W_i$  – расход воды конкретного поливочного блока,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$W$  – расход воды на гектар используемой схемы посадки,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;

$S_{\text{б}}$  – площадь конкретного поливочного блока,  $\text{га}$ .

Следующий этап – составление схемы полива. Для этого максимальная поливная норма делится на гектарный расход воды ( $\text{м}^3/(\text{га} \cdot \text{ч})$ ) используемой схемы посадки и определяется максимальное время полива конкретного блока.

### **Выбор фильтростанции**

При выборе фильтростанции необходимо учитывать источник водоснабжения (открытый водоем или скважина), степень загрязненности воды и вид загрязнителя, часовую потребность в воде (пропускную способность), а также производительность насосной станции и количество других потребителей. При использовании поливной воды из открытых водоемов, следовательно, имеющей большое количество биологических загрязнителей, необходимо включать в состав фильтростанции песчано-гравийный фильтр, а при большом количестве взвешенных песчаных частиц целесообразно использование гидроциклонов. Также, помимо песчано-гравийного фильтра, в состав фильтростанции (при заборе воды из открытых водоемов) входит страхующий сетчатый или дисковый фильтр.

Перед выбором пропускной способности фильтростанции необходимо уточнить производительность (при наличии) насосной станции и наличие других потребителей воды. При избыточной мощности насосной станции возможна ситуация, когда дополнительные затраты на подачу воды превысят стоимость дополнительных фильтров. Поэтому необходимо также экономическое обоснование пропускной способности фильтростанции.

Определившись с максимально необходимой пропускной способностью фильтростанции и ее типом, начинают комплектацию. По пропускной способности подбирают марку фильтра и количество. Также выбирается удобрительный узел. Удобрительный узел обычно состоит из задвижки, инжектора и соединительно-запорной арматуры.

### Расчет магистральных трубопроводов

Гидравлический расчет водопроводной сети заключается в определении диаметров трубопроводов по известному расходу воды и потерь напора на всех ее участках, а также в определении минимального давления на входе системы.

Диаметр трубопроводов  $D$  определяется по формуле:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{W_i}{3600 \cdot V}}, \text{ м,}$$

где 1,13 – коэффициент, получаемый при переходе от живого сечения потока к диаметру трубопровода;

$W_i$  – расчетный поток воды, протекающий по данному участку трубопровода,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$V$  – экономически целесообразная скорость движения воды в трубопроводе,  $0,9 \dots 1,9 \text{ м/с}$ .

Полученные фактические значения диаметров труб округляем до ближайшего большего стандартного значения.

После определения диаметров трубопроводов определяем фактическую скорость движения воды в трубопроводах  $V_f$ ,  $\text{м/с}$ :

$$V_f = \frac{W_i}{w},$$

где  $w = 0,25 \cdot \pi \cdot D_f^2$  – площадь живого сечения трубопровода,  $\text{м}^2$ ;

$D_f$  – принятый диаметр трубопровода,  $\text{м}$ .

Потери напора определяются по формуле:

$$h_n = A \cdot L_r \cdot \beta \cdot W_i^2, \text{ м,}$$

где  $A$  – удельное сопротивление труб,  $\text{с/м}^3$ , принимается по таблице 20;

$L_r$  – расчетная длина трубопровода,  $\text{м}$ ;

$\beta$  – поправочный коэффициент (таблица 21).

Таблица 20 – Удельные сопротивления  $A$  при  $V = 1,0 \text{ м/с}$

|                    |      |      |     |     |      |      |      |
|--------------------|------|------|-----|-----|------|------|------|
| $L_r, \text{ мм}$  | 125  | 150  | 200 | 250 | 300  | 350  | 400  |
| $A, \text{ с/м}^3$ | 92,8 | 35,8 | 7,9 | 2,4 | 0,94 | 0,42 | 0,21 |

Таблица 21 – Поправочный коэффициент  $\beta$  к значениям скорости

|                  |      |      |      |      |      |     |      |      |      |
|------------------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|
| $V, \text{ м/с}$ | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 1,0 | 0,1  | 0,2  | 1,3  |
| $\beta$          | 1,19 | 1,12 | 1,08 | 1,05 | 1,02 | 1,0 | 0,99 | 0,97 | 0,95 |

## Порядок расчета трубопроводов

1. Определяются диаметры трубопроводов по расходу воды и скорости потока для каждого участка.
2. Определяются потери напора по участкам.
3. Определяется максимальная потеря напора.
4. Определяется минимальное входное давление.
5. Сравниваются возможности источника водоснабжения с потребностями системы.

## Выводы

1. Для создания зон гарантированного высокопродуктивного производства овощных культур открытого грунта необходимо использовать технологию искусственного орошения растений.
2. Одним из самых перспективных способов искусственного полива овощей является капельное орошение прикорневой зоны растений, обладающее целым рядом преимуществ.
3. Предложенная методика расчета и комплектации оборудования систем капельного полива может помочь экономистам аграрного сектора на основании предварительно проведенного мониторинга имеющихся земельных и водных ресурсов конкретного хозяйства самостоятельно осуществить расчет системы капельного орошения с целью дальнейшей реализации этой системы полива для овощных культур открытого грунта, выращиваемых хозяйствами Республики Беларусь.

06.10.2014

## Литература

1. Лихацевич, А.П. Дождевание сельскохозяйственных культур. Основы режима при неустойчивой естественной влагообеспеченности / А.П. Лихацевич. – Минск: Бел. Наука, 2005. – 278 с.
2. Современные технологии производства овощей в Беларуси / А.А. Аутко [и др.]. – Молодечно: РУП Типография «Победа», 2005. – 271 с.
3. Дашков, В.Н. Проблемы и перспективы механизации орошения с.-х. культур в Республике Беларусь / В.Н. Дашков, Н.Ф. Капустин, Д.В. Дегтеров, А.Н. Басаревский // Ресурсосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве: сб. междунар. науч.-практ. конф.: в 2 т. / Под общ. редакцией В.Н. Дашкова; РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси». – Минск, 2004. – Т. 1. – С. 243–245.
4. Дашков, В.Н. Современные средства механизации орошения сельскохозяйственных культур / В.Н. Дашков, Н.Ф. Капустин, Д.В. Дегтеров // Экологическое сельское хозяйство – сегодняшнее состояние и перспективы развития: материалы междунар. науч. конф., Познань, 10–12 октября 2006 г. – Познань: PIMR, 2006.