**Методика инженерного расчета гидравлического регулятора**

**с ленточным регулирующим органом**

В.Г. Дегтярев

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный*

*университет им. И.Т. Трубилина»;*

Производство сельскохозяйственной продукции зависит от множества факторов: климата, плодородия почв, наличия влаги должного количества и др. Южные регионы Российской Федерации являются основными производителями различной сельхозпродукции и однозначно теплолюбивой. В качестве примера можно привести Краснодарский край, являющийся основным рисопроизводящим регионом, он также лидер по валовому сбору зерна, что составляет порядка 10 % от общероссийского сбора; сахарной свеклы порядка 17,3 %, один из ведущих производителей семян подсолнечника порядка 15 % и винограда порядка 37 %.

Несмотря на действительно уникальные природно-климатические условия Краснодарского края, достичь столь значительных успехов в сельскохозяйственном производстве невозможно без гидромелиорации. Ведь рис вообще произрастает в затопленном состоянии, а овощи и виноград дадут урожай в 2–3 раза хуже на богаре.

В бассейнах основных рек Южного федерального округа (ЮФО) РФ, активно участвующих в производстве сельскохозяйственной продукции, давно существует дефицит водных ресурсов. Вода, требуется не только сельскому хозяйству, но и развивающейся промышленности и стремительно растущей отрасли туризма.

Исходя из сложившейся ситуации, необходим поиск новых технологических решений, переход от экстенсивного к интенсивному пути развития. Именно такой путь развития использования водных ресурсов для производства сельскохозяйственной продукции должен позволить сократить водопотребление и, как следствие, увеличить посевные площади, не нанося ущерба экологии бассейнов рек ЮФО РФ.

Современное орошение осуществляется высокоэффективной техникой: капельные линии; спринклерное орошение; системы микродождевания; барабанные и широкозахватные дождевальные машины. Работа данной техники, являющейся исполнительным механизмом в более сложной системе управления, в том числе и водораспределением, требует подачи воды строго по потребности нужного количества и качества.

В свою очередь в виду сложности управления подобными системами, имеющими большую протяженность, при наличии огромных объемов воды, находящихся в управлении, когда в итоге надо управлять уровнем воды в каждом водоприемнике или чеке в пределах одного сантиметра, невозможно обойтись без средств автоматизации. Гидравлические регуляторы с ленточным регулирующим органом являются средством автоматизации процесса водораспределения на внутрихозяйственном звене мелиоративных систем.

По итогам численного моделирования и гидравлических исследований разработана методика расчета регулятора с ленточным регулирующим органом, она позволяет назначить необходимые конструктивно-технологические параметры элементов конструкции. Далее пошагово приведена методика расчета, в том числе рассмотрен вопрос линеаризации выходных характеристик.

1.1. На практике, используя нивелирный ход, или при проектировании системы водораспределения на основе профилей по сечениям, по топографической съемке, устанавливается расчетный перепад уровней воды между водораспределительным каналом и прудом накопителем.

Исходя из натурных обследований можно констатировать, что с большой долей вероятности рабочий напор будет колебаться в пределах от 0,5 м до 1,0 м.

1.2. На максимальный напор с учетом его форсированного состояния при повышении на 10 % рассчитывается максимальный расход водовыпуска.

1.3. При уже имеющемся трубчатом водовыпуске для расчета регулятора с ленточным регулирующим органом, необходимо определить диаметр трубы водовыпуска.

Проведенные натурные обследования показали, что на внутрихозяйственном звене оросительной системы установленные трубы, в подавляющем большинстве, имеют диаметр 150, 200 мм.

1.4. Ленточный регулятор, располагаясь на конце трубы водовыпуска, прежде всего не должен нарушать гидравлику истечения. Для реализации данного положения конструктивно увеличиваем площадь проходного сечения по седлу регулятора на 20 % от площади трубы водовыпуска, имея в виду то, что открытие этого отверстие регулируется автоматически ленточным регулирующим органом.

1.5. Ширину регулятора, учитывая диаметр трубы водовыпуска, назначаем конструктивно, добавляя по 20 мм с каждой стороны к диаметру трубы.

Таким образом, размер регулятора по ширине равен 240 мм для трубы водовыпуска диаметром 200 мм.

1.6. В нижней плоскости регулятора располагается проходное сечение его площадь должна быть больше площади проходного сечения трубы водовыпуска в пределах 10 %.

Так, например, при диаметре трубы водовыпуска в 200 мм и площади проходного сечения равной 314 см2 рекомендуется принять площадь проходного сечения по седлу регулятора равной 345 см2.

1.7. С учетом ранее определенной общей ширины регулятора в 240 мм и необходимостью иметь у проходного сечения регулятора с двух сторон боковые опорные части на седле в пределах 10, 20 мм, назначается ширина отверстия истечения, например, 210 мм. Тогда при общей площади отверстия истечения в 345 см2 длина отверстия истечения может быть принята равной 17 см.

Незначительное увеличение площади отверстия истечения абсолютно некритично в виду того, что отверстие будет регулироваться по площади автоматически, ленточным регулирующим органом.

1.8. В обе стороны по длине отверстия истечения необходимо иметь отступы порядка 50 мм для расположения у кромки проходного сечения одного ребра жесткости на ленте и ее крепления на нижней плоскости регулятора.

Таким образом, имеем общие размеры прямоугольной нижней плоскости ленточного регулятора 240х270 мм, с проходным сечение по центру размером 210х170 мм;

1.9. Верхняя плоскость ленточного регулятора будет точно таких же размеров 240х270 мм только без каких-либо вырезов.

1.10. Внутри корпуса регулятора к верхней плоскости в ее начале крепится ленточный регулирующий орган, когда другой конец ленты уже закреплен в конце нижней плоскости регулятора.

1.11. Две боковые стороны регулятора глухие, однако, они должны обладать должной жесткостью и не менять внутренний объем регулятора при увеличении (уменьшении) рабочего напора на входе в регулятор. Для реализации данного требования корпус регулятора достаточно выполнить из стали Ст3 толщиной 3 мм.

1.12. Прямоугольная призма должна быть правильной, неизменной геометрической формы и тогда расположенный в ней ленточный регулирующий орган будет свободно перемещаться, имея зазоры не более 7 мм. Величина этого зазора определяет быстродействие регулятора, степень его реакции на параметр управления.

1.13. Ленточный регулирующий орган рекомендуется выполнять из ленты конвейерной резинотканевой выполненной по ГОСТ 20–85. При рабочем напоре порядка 0,50 см достаточно ленты с двумя тканевыми прокладками, а при рабочем напоре порядка 1,0 м желательно иметь ленту с тремя прокладками или появится необходимость более частого расположения ребер жесткости при армировании ленты. Тип ткани резинотканевый ленты может быть любой: ТК (капроновые нити по основе ленты (вдоль) и утку (поперек); ТЛК (лавсановые нити по основе, и капроновые нити по утку); БКНЛ–65 (комбинированная нить, когда поверх лавсановой нити, обматывается хлопчатобумажная нить).

1.14. Ленточный регулирующий орган регулятора должен армироваться в месте перекрытия им отверстия истечения. Армирование рационально осуществлять уголковой сталью. Можно использовать уголок равнополочный по ГОСТ 8509–93 или уголок неравнополочный по ГОСТ 8510–86\*. Уголки располагают обязательно по краям отверстия,
а затем оставшуюся длину делят равномерно с шагом порядка 30–40 мм в зависимости от жесткости ленты.

1.15. Крепление ленты внутри корпуса регулятора к верхней и нижней плоскостям, также можно осуществлять с помощью уголков, используемых для придания жесткости ленты над отверстием истечения.

1.16. Торцевая стенка регулятора со стороны верхнего бьефа должна выполнять функцию герметичного соединения самого регулятора с водовыпускным устройством или с трубой водовыпуска, что должно осуществляться или посредством фланцевого соединения или посредством переходного патрубка того же диаметра, что и труба водовыпука.

1.17. На другой торцевой стенке регулятора, располагающейся со стороны нижнего бьефа, расположено водовыпускное отверстие из управляющей полости регулятора. Данное водовыпускное отверстие, посредством трубопровода диаметром 15–20 мм и длиной до нескольких метров, связывают с поплавковым датчиком уровня.

2. Определение расходной характеристики регулирующего органа.

2.1. Расходную характеристику регулирующего органа определяют в тех случаях, когда он предназначен для изменения в широких пределах расходов регулируемой среды, используемой в качестве регулирующего воздействия.

Исходными данными для определения расходной характеристики являются:

– максимальный расход регулируемой среды $Q\_{max}$;

– минимальный расход регулируемой среды $Q\_{min}$;

– статическая характеристика регулируемого участка, в частности рисового чека $К\_{уч}=f(Q)$ заданная аналитически или графически.

2.2. Для определения расходной характеристики предварительно находим:

относительное значение минимального расхода $μ\_{min}={Q\_{min}}/{Q\_{max}}$, статическую характеристику регулируемого участка для относительных значений расхода $К\_{уч}=f\left(μ\right),$ для чего значения всех абсцисс характеристики $К\_{уч}=f(Q)$ делят на величину $Q\_{max}$.

Расходную характеристику регулирующего органа определяют в относительных координатах.

2.3. Для типовых регулируемых участков, коэффициент усиления которых является постоянной величиной, следует принимать линейную расходную характеристику регулирующего органа согласно уравнению прямой $μ=\left(1-μ\_{min}\right)n+μ\_{min}$. При $μ\_{min}=0$ согласно уравнению $μ=n.$

3. Преобразование расходной характеристики и перепрофилировка ленточного регулирующего органа. Преобразование расходной характеристики и перепрофилировка ленточного регулирующего органа излагается на конкретном примере.

3.1. Исходя, например, из уравнения $μ=n$, строится требуемая линейная расходная характеристика.

3.2. Исходя из уравнения, полученного нами, имеем

$Q=f\left(H,a\right)=-13714,203+184,363H+10248,614a+16.619Ha++1,781H^{2}-224,084a^{2}$, задаваясь постоянным значением действующего напора $H$ и переходя к относительным величинам, строится характеристика фактическая регулирующего органа расходная.

Характеристика фактическая регулирующего органа расходная представлена на рисунке 4.35 линией 1. Необходимо перепрофилировать седло регулирующего органа так, чтобы оно на выходе обеспечивало требуемую линейную расходную характеристику 2, за счет специальной формы.

|  |
| --- |
| \* |
| 1 – фактическая расходная характеристика; 2 – требуемая расходная характеристика |
| Рисунок 4.35 – Расходные характеристики и исходный прямоугольный профиль проходного сечения седла регулятора |

3.3. Реализацию требуемой линейной расходной характеристики осуществляем следующим образом:

3.3.1. Сначала вычерчиваем исходный прямоугольный профиль проходного сечения седла в соответствующем масштабе.

3.3.2. Над проходным сечением строим расходные характеристики 1 и 2, причем относительное открытие гибкой ленты $n$ должно равняться ее рабочему ходу (в рассматриваемом случае – 200 мм).

3.3.3. Рабочий ход гибкой ленты делим на 10 равных частей и через точки деления проводим вертикали вверх до пересечения с требуемой линейной расходной характеристикой 1, а из точек их пересечений – горизонтали до пересечения с фактической нелинейной расходной характеристикой.

3.3.4. Из этих точек пересечений опускаем вертикали до пересечения их с исходным прямоугольным профилем проходного сечения седла. Эти вертикали отсекают соответствующие площади $F1$, $F2$, $F3$ и т. д.

3.3.5. Построение требуемого профиля проходного сечения седла, соответствующего требуемой линейной расходной характеристике производим следующим образом.

3.3.6. По чертежу на рисунке 1, вычисляем размеры площадей $F1$, $F2$, $F3$ и т. д. в мм2.

3.3.7. Значения площадей $F1$, $F2$, $F3$ делим на промежуток разбиения рабочего хода гибкой ленты, в результате чего определяем размеры ширины проходного сечения седла.

3.3.8 Полученные значения ширины проходного сечения седла откладываем симметрично осевой линии в середине, между соответствующими вертикалями. Через концы нанесенных линий проводим плавную линию, образуя требуемый профиль проходного сечения седла, который и представлен на рисунке 4.36.

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 4.36 – Вид требуемого профиля проходного сечения седла регулятора с ленточным регулирующим органом |