



Местом расположения клапана завоздушивания является сечение 1'–1', поскольку именно в данном сечении давление в водоводе данной формы является минимальным, что сопутствует более динамичному процессу впуска воздуха в водовод и последующему нарушению сплошности потока.

Такая схема расположения гидроагрегата выбрана согласно анализу по критерию кавитационного анализа [1].

Поскольку завоздушивание является основным методом останова агрегата, то к такой системе был предъявлен ряд требований:

- 1) система завоздушивания должна быть надежной и простой в
- 2) исполнении;
- 3) необходимо наличие автономного источника питания в случаях
- 4) отсутствия электропитания в сети;
- 5) необходимо наличие дублированного, ручного метода
- 6) завоздушивания водовода;
- 7) малое потребление электроэнергии системы.

Общая пневматическая схема системы завоздушивания представлена на рис. 2.

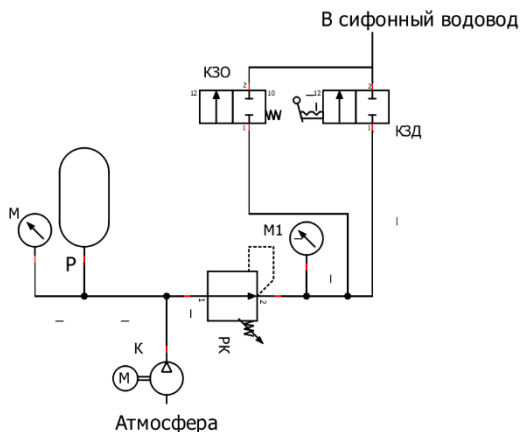


Рис. 2. Пневматическая схема пневмопривода развоздушивания

На рис. 2: К – компрессор; Р – ресивер; М – манометр ресивера; РК – клапан редукционный; М1 – манометр редукционного клапана; КЗО – клапан завоздушивания основной; КЗД – клапан завоздушивания дублирующий.

Работа данной системы основана на следующем принципе: для остановки агрегата оператор переключает клапан завоздушивания КЗО, подключенный к линии высокого давления. При открытии КЗО воздух под давлением поступает в сифонный водовод, что нарушает равномерность потока. Регулирующий клапан (РК) используется для установки оптимального давления воздуха, необходимого для быстрого завоздушивания водовода. В случае невозможности открытия КЗО удаленно, оператор вручную открывает клапан КЗД, через который в систему поступает воздух с давлением из ресивера Р.

Клапан КЗО может быть реализован с различным исполнением приводной части. Возможны 2 типовых исполнения, стандартно использующихся в трубопроводной арматуре:

- а) использование пневмопривода клапана;
- б) использование электропривода клапана.

В данной работе рассматривается исполнение на основе отсечного клапана с электроприводом, поскольку они имеют самую простую конструкцию, в связи с чем, у данных типов приводов самый высокий ресурс. Для данного исполнения, пневматическая схема клапана с электроуправлением в составе системы завоздушивания представлена на рис. 3.

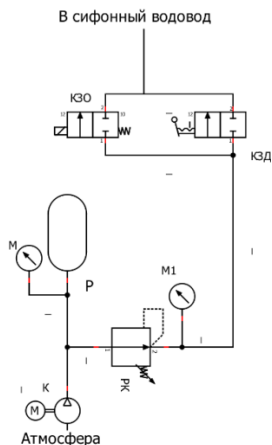


Рис. 3. Пневматическая схема системы завоздушивания с электроприводом:

К – компрессор; Р – ресивер; М – манометр ресивера; РК – клапан редукционный; М1 – манометр редукционного клапана; КЗО – клапан завоздушивания основной; КЗД – клапана завоздушивания дублирующий

Однако, такие приводы, как правило, потребляют большое количество электроэнергии, если необходимо преодолеть большое усилие при смещении. В связи с этим имеет смысл провести анализ энергопотребления.

Для анализа энергопотребления была составлена упрощенная математическая модель соленоида, не включающая в себя электрические преобразователи тока, которые будут установлены в сети. На рис. 4 представлена функциональная блок-схема математической модели, выполненная в математическом пакете Matlab.

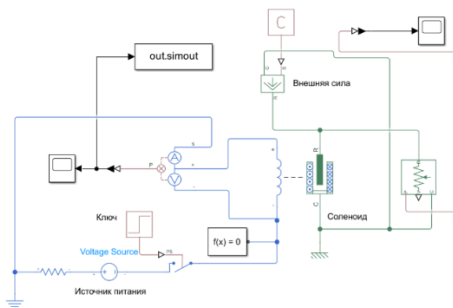


Рис. 4. Математическая модель соленоида

В качестве моделирования соленоида, стоящего в схеме с электроприводом, выбран клапан КВМ-63. Для данного клапана в табл. 1 представлены основные исходные данные моделирования.

Таблица 1

Данные для численного расчета

Напряжение, В	
Максимальный ток потребления, А	
Усилие на якоре, Н	
Коэффициент жесткости пружины, Н/м	
Масса якоря, кг	

В результате численного расчета в течении 11 с, где на 1 с происходит включение, получаем график потребления питания представленные на рис. 4.

Интегрируя численными методами кривую потребления получаем суммарную активную мощность потребления в 70,56 Вт. Однако надо сделать замечание, что основное потребление приходит на пиковое значение при переходном процессе, равное 62 Вт, длящегося порядка 100–200 мс, а на удержание уходит 6,5 Вт. Причиной малого значения потребления при

удержании является питание от источника переменного напряжения (рис. 5).

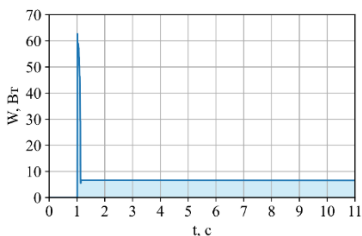


Рис. 5. График потребления питания электроклапана

Для распределителя, стоящего в схеме с клапаном с пневматическим приводом в качестве аналога выбран распределитель ХСПС ХС24635 питающийся от 24 В постоянного напряжения. Для данного клапана в табл. 2 представлены основные исходные данные моделирования.

Таблица 2

Данные для численного расчета

Напряжение, В	
Максимальный ток потребления, А	
Усилие на якоре, Н	
Коэффициент жесткости пружины, Н/м	
Масса якоря, кг	

В результате численного расчета, получаем график потребления питания, представленный на рис. 6.

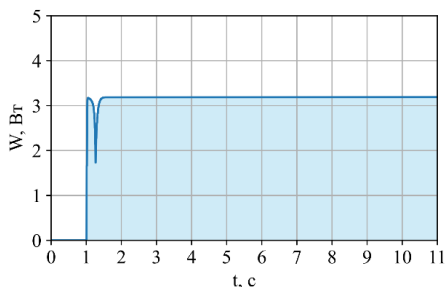


Рис. 6. график потребления питания соленоида распределителя

Интегрируя численными методами кривую потребления получаем суммарную мощность потребления в 31,72 Вт.

### **Вывод**

Проведенное исследование показало, что для реализации системы завоздушивания сифонного водовода в случае остановки гидроагрегата наиболее рациональным решением является применение клапана с пневмоприводом. Данный тип привода обеспечивает более низкое энергопотребление по сравнению с электроприводом, что особенно важно при работе системы в аварийных ситуациях при возможном отсутствии внешнего электропитания. Кроме того, пневматические приводы, как правило, имеют более простую конструкцию и, соответственно, более высокую надежность. Таким образом, использование клапана с пневмоприводом позволяет создать эффективную и надежную систему завоздушивания сифонного водовода, удовлетворяющую всем предъявляемым к ней требованиям.

### **Благодарность**

Материалы, вошедшие в данный доклад, подготовлены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Национального проекта «Наука и университеты» о создании новых лабораторий, в том числе под руководством молодых перспективных исследователей – Уникальный номер проекта FSWF-2022-0008. Соглашение №075-03-2022-138/5 от 02.11.2022.

### **Литература**

Топаж Г. И. Лопастные гидромашины и гидродинамические передачи. Основы рабочего процесса и расчета гидротурбин: учеб. пособие / Г. И. Топаж. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 154 с.

УДК 626.862

### **Основные виды и причины повреждений элементов закрытых осушительных систем**

Линкевич Н. Н.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

*Изложены основные виды и причины повреждений элементов закрытых осушительных систем. Показана важность своевременного выявления и устранения замеченных неисправностей.*