

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОТКРЫТИЯ ШИБЕРНОЙ ЗАДВИЖКИ

Чепурко Е.Ю.¹, Ананьевский В.А.¹, Шмелев В.В.²
¹ – ООО «НИИЦА», г. Киев, Украина, ² – ООО «ТЕСИС», г. Москва, Россия

С помощью программного комплекса [FlowVision HPC](#) было проведено моделирование гидромеханических характеристик шиберной задвижки в процессе открытия. Открытие проводилось дискретно с установленным шагом 10, 20, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 650, 675, 700 мм. В ходе расчета были определены силы действующие на шибер задвижки, определено давление в полости корпуса по мере открытия шиберы и в щелевом зазоре между корпусом и шибером задвижки.

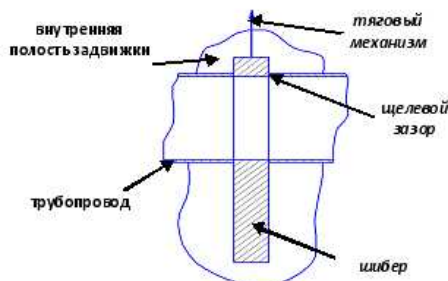


Рис.1. Схематическое изображение расчетной области задвижки

Для проведения расчета были использованы следующие исходные данные: чертежи задвижки и ее 3D модели, вода в жидком фазовом состоянии, давление $P_p = P \cdot N = 12,5$ МПа (125 атм.), температура $t = 80^\circ$ С, построены трехмерные геометрические модели проточной части.

В моделях соблюдены требования СТ ЦКБА 029 – 2006 в отношении мест измерения давления до и после арматуры. Длина подводящих трубопроводов равна $5DN$. В соответствии с этим значение давления на входе бралось установленное и изменялось положение шиберы для проведения динамического расчета.

Расчет задвижки производился в ее рабочем положении, т.е. при врезанном состоянии в трубопровод.

При построении трехмерной модели, упрощения проточной части по сравнению с геометрией задвижки не принимались (рис. 2), что дает более точный расчет.

После построения трехмерной модели в программной среде ProEngineer, геометрия проточной части задвижки была экспортирована в программный комплекс FlowVision HPC, где была создана область расчета, задана необходимая математическая модель, граничные условия (параметры потока) и создана адаптивная локально измельченная сетка для решения уравнений математической модели.

После экспорта задвижка была разбита на отдельные элементы: проточную часть, шибер, стенки направляющих, к которым применялся тот или иной уровень адаптации сетки (измельчения сетки), назначены вход и выход. На рис. 2 представлен общий вид расчетной части задвижки и ее модель во FlowVision HPC при подаче среды на входе.

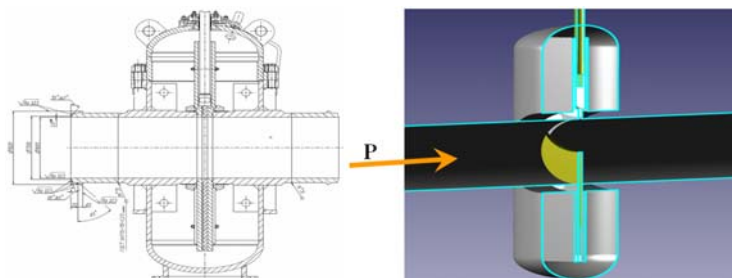


Рис. 2. Общий вид расчетной части задвижки и ее трехмерная модель при подаче среды на входе

Расчет проводился на компьютере Intel Core2 Quad с тактовой частотой процессора 2,4 ГГц и объемом оперативной памяти 4 Гб.

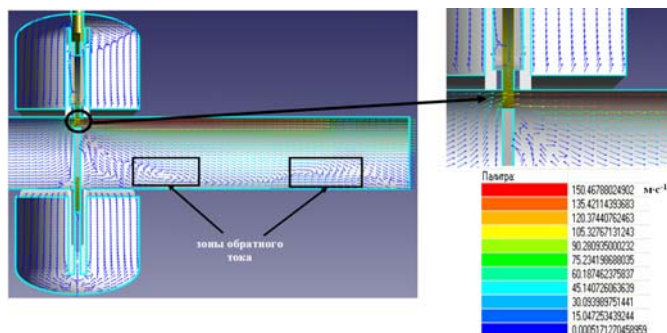


Рис. 3. Графическое представление распределения векторного поля скоростей потока в первой фазе открытия шиберы и его значения, $m \cdot s^{-1}$

Путь, пройденный шибером до момента полного открытия, был условно разделен на три фазы: первая фаза (открытие до 35%); вторая фаза (открытие 40-90%); третья фаза (открытие 90-100%).

В первую фазу открытия (рис.3) наблюдается постоянное снижение давления в корпусе (ежекционный эффект) и уменьшение значения распределенной поперечной нагрузки на шибер. В данном положении шибер проявляются зоны обратного тока, которые в свою очередь, сказываются на давлениях в данной области (рис.4). В рассматриваемой фазе открытия шибер максимальная скорость потока через образовавшийся проем составляет 150,5 м/с.

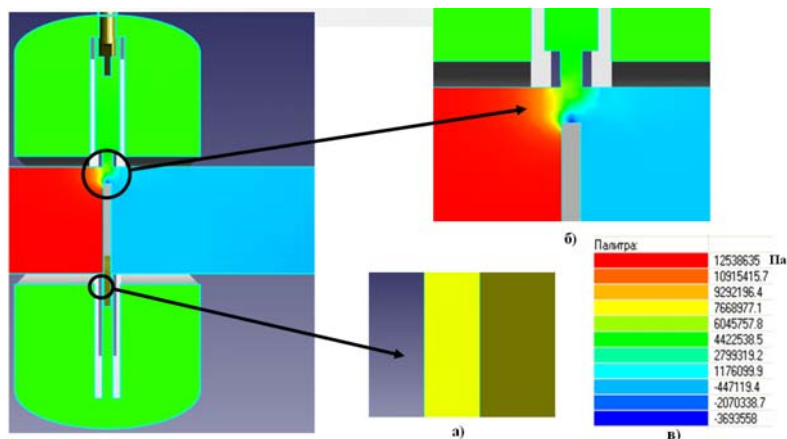


Рис. 4. Давление рабочей среды в полости задвижки и щелевом зазоре (а), а также увеличенная расчетная область (б) с диаграммой давлений (в)

Как видно из рис.4 давление в полости корпуса не превышает 60 Атм, что есть приемлемым для данной конструкции, максимальное значение давления (125 Атм) наблюдается в предшиберной области, что объясняется нагнетанием среды, т.к. она еще не может полностью проходить через открытый канал. В надшиберной области четко просматривается резкое снижение давления поскольку здесь образовывается вихревая зона. Значение давления в щелевом зазоре составляет 76 Атм, что почти в 2 раза меньше номинального.

Во второй фазе открытия продолжается формирование зон обратного тока (вихревых зон). Скорость потока продолжает расти. Ярко выражена зона повышенных скоростей. максимальная скорость потока для второй фазы составляет 174,8 м/с. Щелевой зазор играет роль своеобразного дросселя. В предшиберной области также, как и в первой фазе открытия присутствует нагнетание среды, но по сравнению с первой фазой здесь наблюдается снижение давления в корпусе почти на 30 Атм за счет дросселирующего щелевого зазора, который сбрасывает давление.

Завершающая (третья фаза) открытия шибер характеризуется стабилизированием потока и давления в рабочей и проточной областях модели. Формирование зон обратного тока (вихревых зон) происходит более спокойно, их количество уменьшается. Четко просматривается зона повышенных скоростей, давление в щелевом зазоре также падает.

Но не все так просто как кажется на первый взгляд. Оказалось, что при прохождении шибером третьей фазы открытия в определенный момент времени давление в корпусе задвижки (рис.5) начинает резко расти.

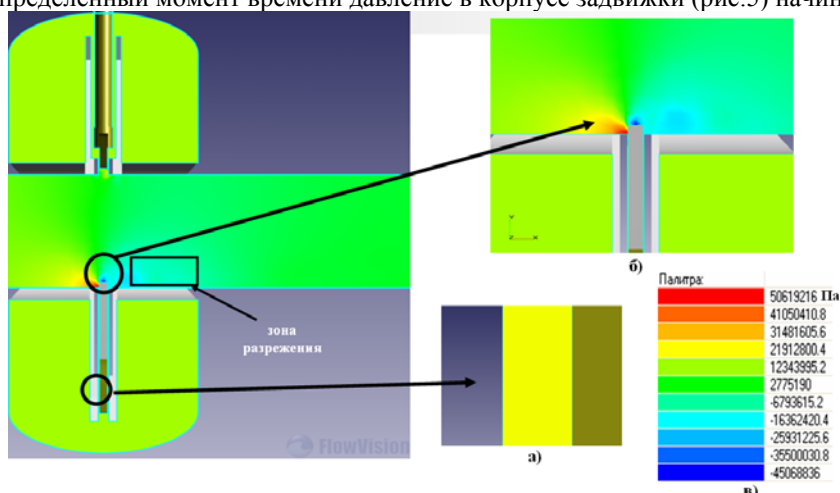


Рис. 5. Давление рабочей среды в полости задвижки и щелевом зазоре (а), а также увеличенная расчетная область (б) с диаграммой давлений (в)

Рост давления в этот период объясняется тем, что зазор между уплотнением и направляющими корпуса максимальный, а сопротивление потока увеличивается за счет повышения скорости в трубопроводе, что позволяет среде более свободно проникать в корпус. Как видно с рис. 5 давление в корпусе достигает 124 Атм, что не желательно для данного изделия.

Ниже приведена картина распределения давления на поверхности шибер (рис. 6)

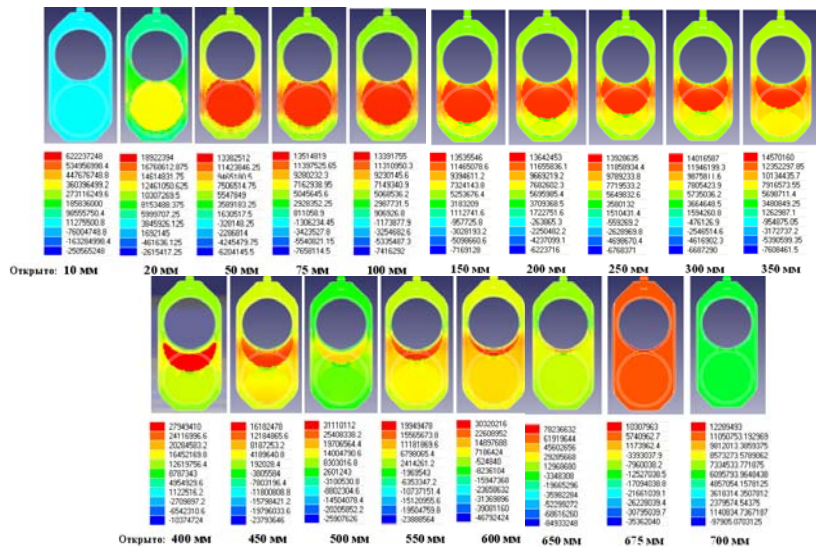


Рис. 6. Распределение давления на шибере в зависимости от открытия

Ярко выраженные сферические пятна контакта на шибере показывают площадь контакта шибера со средой в трубопроводе, т.е. величину открытия шибера. Также при помощи цветовой диаграммы можно определить величину давления в любой точке шибера.

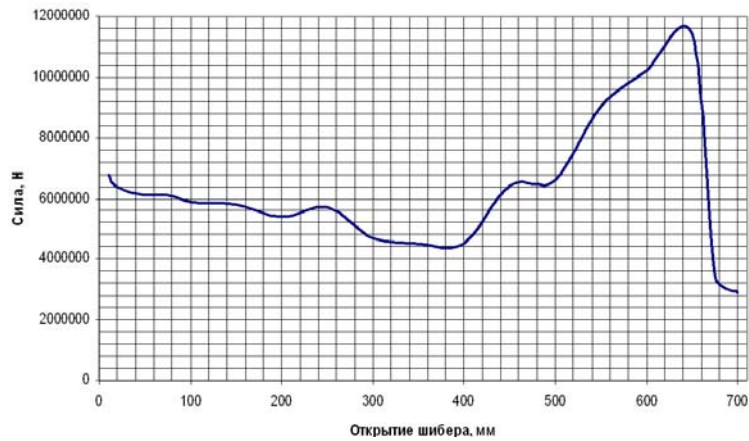


Рис. 7. График зависимости силы, действующей на шибер от открытия

Проанализировав выше приведенный график (рис.7) можно сделать вывод, что силы, действующие на шибер, распределяются не равномерно, присутствуют временные скачки действующей силы. Открытие шибера на 650 мм (третья фаза) является наиболее опасным местом при работе задвижки, т.к. величина силы достигает своего максимума.

В результате расчета было установлено следующее:

- С момента начала открытия задвижки наблюдается постоянное снижение давления в корпусе (ежекционный эффект) и уменьшение значения распределенной поперечной нагрузки на шибер.
- При движении потока, также образуются зоны «застоя» и «обратного тока», которые играют решающую роль в формировании зон пониженного давления или разрежения, от которых зависит суммарное напряжение на шибере и значение давления в полости корпуса.
- Вихреобразования и рециркуляция потока среды, которые возникают в области сужения проходного сечения, объясняются тем, что при прохождении через препятствие в виде шибера поток частично меняет направление и возникает обратное течение. Возвращаясь к основному потоку, жидкость, участвующая в рециркуляции, преобразует рециркуляционную зону в вихрь. Турбулентное смешивание основного и обратного потока вызывает гидравлические удары, интенсивные пульсации потока и давления, которые уменьшаются в зависимости от степени открытия шибера и являются одной из главных причин разрушения металла корпуса и шибера задвижки.
- В первую фазу открытия (открытие до 35%) наблюдаются более постоянные процессы по давлению и формированию потока среды.
- Во второй фазе (открытие на 40-90%) наблюдаться ярко выраженные пульсации давления, что вызвано нестабильностью потока среды из-за препятствия в трубопроводе (в нашем случае препятствием есть шибер).
- В третьей фазе (открытие 90-100%) поток снова стабилизируется.

По полученным результатам были приняты конструктивные изменения в шибере, что устранило наличие опасных зон на любом этапе открытия и обеспечило безотказную работу изделия