

Модернизация шиберной задвижки для оборудования устья скважины

Р.Х. Арифалин, преподаватель РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, эксперт союза производителей нефтегазового оборудования РФ,
И.М. Каштанов, ведущий инженер,
Н.А. Антонов, ведущий инженер, ОАО «Нефтегазавтоматика»

Введение

В производственных технологических процессах широкое применение нашли запорные устройства (ЗУ) для регулирования направления движения гидравлических жидкостей. При проектировании этих процессов возникает задача по выбору наиболее подходящих для данного процесса ЗУ. Этот выбор зависит от материального и конструктивного исполнения, а также от надежности работы запорного устройства в конкретных условиях. В технической литературе недостаточно информации для обоснованного выбора типа ЗУ, по информации в каталогах трудно определить предпочтительную область их применения. На практике, как правило, определяющими показателями для выбора ЗУ являются масса и стоимость, что совершенно недостаточно.

В нефтяной и газовой промышленности в качестве запорных устройств широкое применение получили ЗУ типа задвижек, кранов, клапанов. ЗУ отличаются как по затвору, так и по приводу. Конструктивное исполнение привода зависит от величины усилия, которое необходимо преодолеть для управления ЗУ. Для управления задвижками и клапанами вручную (непосредственно на месте нахождения ЗУ) применяют ходовую резьбовую пару. Для управления кранами, задвижками с большим крутящим моментом применяют редукторные приводы. Для дистанционного управления ЗУ применяют гидравлические, пневматические, электрические приводы.

Каждый из названных приводов имеет свою предпочтительную область применения и имеет преимущества и недостатки.

Выбор типа ЗУ (затвора, привода) зависит от условий эксплуатации и усилия (крутящего момента), которое необходимо для управления.

Крутящий момент зависит от сил трения в затворе, сальнике, резьбовой ходовой паре.

Усовершенствованная задвижка

Сравнивая работу кранов (шаровой, пробковый) и задвижек при одних и тех же условиях, можно убедиться, что с увеличением условного прохода DN при постоянном P_p , а также с увеличением P_p усилие управления ($M_{кр}$) для задвижки наименьшее относительно других ЗУ.

Согласно (1), максимально допустимое усилие управления ЗУ составляет 45 кгс (при открытии-закрытии ЗУ).

Принимая во внимание особенности задвижки (высокая надежность, малое усилие управления и т.д.), мож-

но сделать вывод, что ее усовершенствование принесет больше выгод потребителю.

Основными составляющими задвижки являются затвор и привод. Затвор формирует до 80% усилия управления. Габаритные размеры привода зависят от усилия в затворе. Конструктивное исполнение корпуса зависит от требований по коррозионной стойкости, условий эксплуатации и технологических возможностей завода-изготовителя задвижки.

Актуальность решения задачи по увеличению надежности плоскопараллельного затвора обусловлена тем, что количество задвижек в оборудовании устья скважин на территории РФ около миллиона. Эти задвижки периодически выходят из строя и требуют замены, а из-за их отказа возможна авария, например, неуправляемое фонтанирование скважины. На территории РФ до сих пор эксплуатируется оборудование устья скважин с истекшим сроком эксплуатации, в отдельных случаях – более 40 лет. Увеличение межремонтных интервалов и снижение времени на техническое обслуживание задвижек приводит к значительной экономии при их эксплуатации.

Примером решения задачи увеличения надежности за счет увеличения наработки на отказ затворного узла без увеличения массы и габаритов может служить конструкция модернизированной задвижки, приведенная в [2].

Конструкция содержит наклонно расположенный относительно вертикальной оси и повернутый относительно собственной оси однопластинчатый шибер, содержащий цилиндрическую проточку со стороны входного патрубка. Геометрическая форма седел и обечайки корпуса обеспечивает те же функции, что и в обычных серийно выпускаемых задвижках без наклона шибера. Это решение превращает задвижку в задвижку одностороннего действия (из-за проточки), что не приносит каких-либо несоответствий требованиям НТД или дополнительных сложностей, кроме необходимости указания стрелкой направления движения потока. В случае конструктивного исполнения задвижки без уравнивающего штока (современные серийно выпускаемые задвижки), цилиндрическая выточка в шибере позволяет уменьшать усилие управления. Т.е., это техническое решение при изменении конструкции затвора повышает наработку на отказ затворного узла и одновременно уменьшает усилие управления. Конструкция этой задвижки была проработана для типоразмера DN 65 PN 21 МПа, она приведена на **рис. 1**. Конструктивное исполнение задвижки этого типораз-

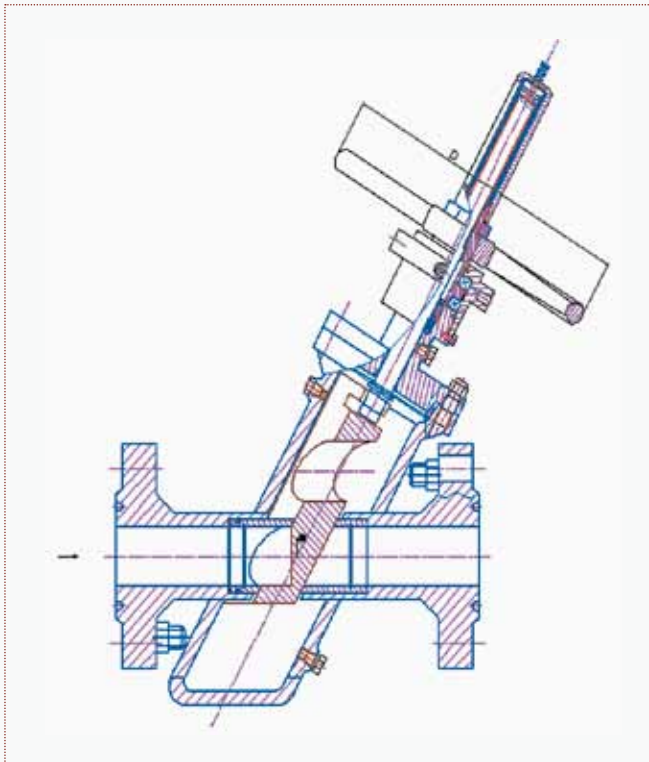


Рис. 1. Затворка

мера приводит к уменьшению удельной контактной нагрузки на уплотнительных поверхностях деталей затвора (без увеличения строительной длины) на 29%, а уменьшение усилия управления на 37%. В таблице 1 представлены результаты силового сопоставительного расчета прямой (шибер перпендикулярен горизонтальной оси) и наклонной (шибер наклонен относительно вертикальной оси) задвижек.

При силовом расчете усилие вдоль шпинделя Q определяется по формуле:

$$Q = Q_{mp} + Q_y + P_o,$$

где:

Q_{mp} – усилие на шпинделе, передаваемое от затвора;

Q_y – усилие на шпинделе, передаваемое от уплотнения;

P_o – усилие на шпинделе, возникающее за счет выталкивающей силы.

Крутящий момент определяется по формуле:

$$M = M_{xn} + M_n + M_c,$$

где:

M_{xn} – момент трения в резьбе ходовой пары;

M_n – момент трения в подшипнике;

M_c – момент трения в сальнике.

Анализ составляющих силового расчета показывает, что наибольшее влияние на $M_{кр}$ оказывает момент трения в резьбе ходовой пары.

Наиболее слабым звеном задвижки является сальник. В техническом решении (2) приведена конструкция, позволяющая увеличивать ресурс вдвое.

Модернизация задвижки

Для устьевоего фонтанного оборудования большое значение имеют новые технические решения, позволяющие увеличить ресурс, межремонтный период и уменьшить затраты на сервисное обслуживание.

Для определения тенденций развития конструкций затворов и приводов задвижек был проведен анализ технических и патентных источников.

При невыдвижном шпинделе ходовая гайка расположена внутри корпуса, непосредственно в шибере. Затворка имеет минимальный вертикальный размер, а ходовая резьбовая пара контактирует со скважинной средой.

При выдвижном шпинделе (рис. 2) ходовая гайка отделена от среды сальником.

Конструкция задвижки с выдвижным шпинделем может быть с противоштоком и без.

Без противоштока задвижка имеет меньший вертикальный размер, но при прочих равных условиях требует больше усилия управления. При расположении ходовой пары в скважинной среде со временем (под воздействием нагрузок, износа резьбовой поверхности, попадания механических примесей на резьбовую поверхность, коррозионного воздействия среды) может увеличиться усилие управления, задвижка может стать неуправляемой. И, как следствие, на скважине создастся аварийная ситуация.

Анализ конструктивного исполнения существующих задвижек показывает, что наибольшее применение наш-

Таблица 1. Сравнение основных составляющих силового расчета серийной и модернизированной задвижек (DN 65, PN 21 МПа)

Параметры	Ед. изм.	Сопоставляемые задвижки		Примечания
		Шибер перпендикулярен относительно горизонтальной оси**	Шибер наклонен относительно вертикальной оси***	
Усилие*, с которым седло со стороны входа среды прижимается к шиберу	кН	36	36	
Усилие*, с которым седло со стороны выхода среды прижимается к шиберу	кН	106	106	
Усилие* вдоль шпинделя, Q	кН	25	13,8	$Q2 < Q1$ на 45%
Момент трения* в резьбе ходовой пары, M_{xn}	Н·м	64,6	35,4	
Момент трения* в подшипнике, M_n	Н·м	3,2	1,8	
Момент трения* в сальнике, M_c	Н·м	12,4	12,4	
Момент* для открывания/закрывания, M	Н·м	80	50	$M2 < M1$ на 37%

* – максимально возможное; ** – все известные шиберные задвижки; *** – модернизированная задвижка

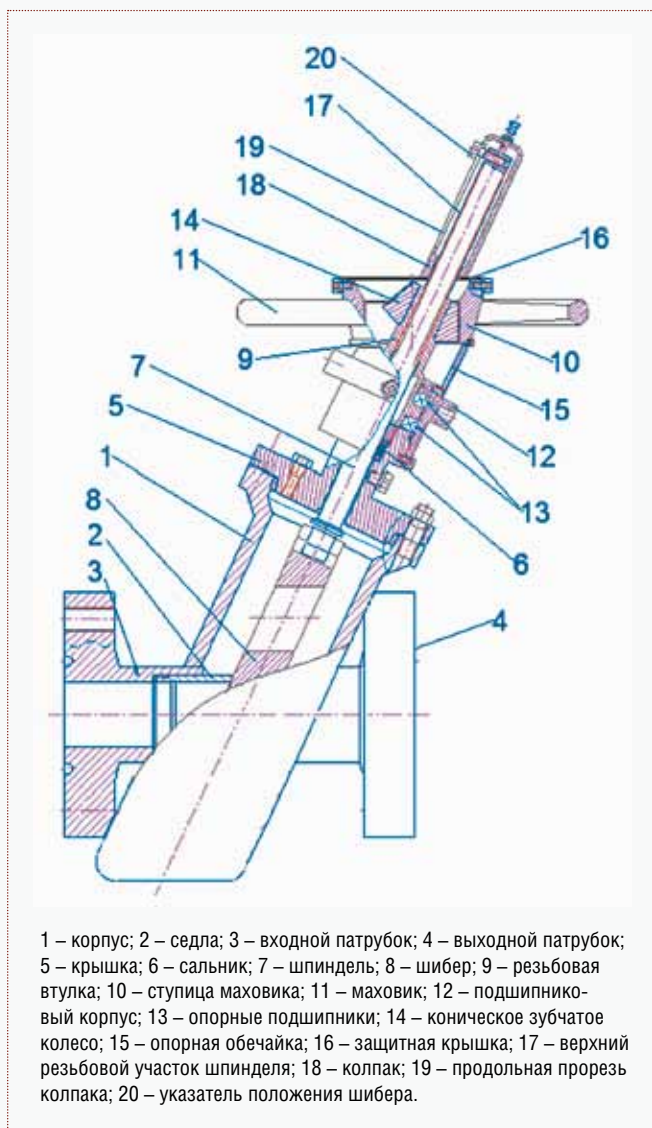


Рис. 2. Конструкция задвижки

ли задвижки с невыдвижным шпинделем (без противостока), например (4, 5).

Эта конструкция имеет минимальные габариты и вес, но требует новых технических решений по уменьшению **Мкр** и обеспечению работоспособности пары в рабочей (скважинной) среде.

В связи с чем, задача по модернизации задвижки сформулирована как разработка задвижки с выдвижным шпинделем без противостока, с увеличенным относительно известных (в т.ч. серийно выпускаемых) задвижек ресурсом наиболее слабого звена – сальника, деталей затвора и уменьшенным **Мкр**.

В части приводов выявлена закономерность: в основном задвижки для оборудования устья скважин имеют ручной привод, который посредством ходовой пары (шпindel-ходовая гайка) уменьшает усилие на маховике до нормативного.

По затвору была выявлена конструкция шиберной задвижки, в которой при неизменных массо-габаритных размерах повышена надежность затвора. Эта конструкция приведена в [2].

Минусом этой конструкции является расположение маховика наклонно горизонтальной оси задвижки, что неудобно при управлении.

Была поставлена задача – разработать конструкцию привода, обеспечивающую расположение маховика параллельно горизонтальной оси с сохранением преимуществ [2]. Данная задача была нами решена [3].

Решение этой задачи позволило увеличить надежность задвижки, уменьшить усилие управления, улучшить удобство управления задвижки, фонтанной арматуры.

Работает задвижка (рис. 2) следующим образом. Вращающее усилие управления прикладывается к маховику 11. Через зубчатое зацепление с коническим зубчатым колесом 14 вращающее усилие передается резьбовой втулке 9, что вызывает ее вращение и за счет резьбового соединения со шпинделем 7, последний перемещается в осевом направлении, что вызывает перемещение шибера 8 относительно седел 2 и, соответственно открытие или закрытие задвижки.

Разработанная задвижка при прочих равных условиях позволяет увеличить наработку на отказ до 30%, в то время как усовершенствование при улучшении параметров на 10-15% уже квалифицируются как успешное.

Выводы

1. Учитывая большое количество в нефтегазодобыче прямоточных задвижек с однопластинчатым шибером, модернизация их с целью повышения ресурса и увеличения межремонтного периода актуальна.

2. Анализ конструктивного исполнения задвижек оборудования устья скважин выявил тенденцию расширения применения задвижек с невыдвижным шпинделем. При этом, в отдельных случаях, обеспечение в пределах заданной наработки на отказ работоспособности ходовой пары (контактирующей со средой) может не обеспечиваться.

3. Разработанная модернизированная конструкция задвижки (с выдвижным шпинделем, без противостока) позволяет без увеличения строительной длины: увеличить наработку на отказ затворного узла на 30%, сальника на 50%, уменьшить усилие управления на 37%; сохранить удобство пользования на уровне серийно выпускаемой.

4. Модернизированная задвижка при практически прежней цене позволяет увеличить период обслуживания и ремонта, увеличить наработку на отказ и уменьшить усилие управления за счет модернизации затвора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 21752-76 Система человек-машина. Маховики управления и штурвалы. Общие эргономические требования.
2. Журнал «Нефтегазовые технологии», №3. 5/6, сентябрь-октябрь 1998 г.
3. Заявка на изобретение в Роспатент № 2011123129.
4. <http://www.armaturygroup.cz/ru>.
5. <http://znpm.ru>.

Р.Х. Арифуди, тел.: 8-916-386-77-74.
 Адрес: 115211, ул. Борисовские пруды, д.25, корп.2, кв. 87,
 rafik.arifudin@rambler.ru.
 И.М. Каушанов, тел.: 8-926-800-05-93, azerrus@yandex.ru.
 Н.А. Антонов, тел.: 8-916-560-01-85, nik474@yandex.ru.