

УДК 621.43

С. О. Киреев, д-р техн. наук, проф., **М. В. Корчагина**, канд, техн. наук, доцент,
Х. К. Кадеров канд, техн. наук, доцент, **А. В. Ефимов** канд, техн. наук, доцент
Донской государственной технической университет (ДГТУ)
Россия, г. Ростов на Дону
Тел.: +7(863)2738104; E-mail: spu-45.2@donstu.ru

МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ КОНСТРУКЦИЯ КОЛЬЦЕВОГО ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ПРЕВЕНТОРА С ТОРМОЗНЫМ УСТРОЙСТВОМ ПОРШНЯ

В работе рассматривается конструкция кольцевого превентора, работающего в осложненных условиях. Для уменьшения износа резиновых уплотнительных колец в конструкцию добавлен узел торможения поршня. Приведено обоснование работоспособности модернизированной конструкции и произведены необходимые расчеты.

Ключевые слова: кольцевой превентор, узел торможения поршня, осложненные условия, буровая колонна, момент торможения.

S. O. Kireev, M. V. Korchagina, H. K. Kaderov, A. V. Efimov

MODERNIZED DESIGN ROTATABLE ANNULAR PREVENTER WITH A BRAKING DEVICE PISTON

The paper deals with the design of a ring preventer operating in complicated conditions. To reduce the wear of rubber o-rings, a piston braking unit has been added to the design. The substantiation of efficiency of the modernized design is given and necessary calculations are made.

Keywords: Annular preventer, piston braking unit, complicated conditions, drill string, braking moment.

Введение. Существенное влияние на процесс добычи оказывают осложнения возникающие в ходе бурения и эксплуатации скважин. Анализ основных осложнений, способов их предупреждения и ликвидации, позволяет правильно подобрать противовыбросовое оборудование, являющиеся одним из основных узлов при эксплуатации нефтегазовых скважин.

Наиболее подходящим для осложненных условий противовыбросовым оборудованием является превентор кольцевой [1]. Кольцевой превентор предназначен для герметизации устья скважины в процессе бурения нефтяных, газовых и газоконденсатных скважин. Уплотнитель превентора обеспечивает герметизацию устья скважины вокруг любой части буровой колонны, обсадной колонны, насосно-компрессорных труб, а также при отсутствии инструмента [2]. Превентор позволяет производить расхаживание и протаскивание инструмента.

Для выявления технического уровня данного вида оборудования и выбора пути его модернизации был проведен патентный поиск по результатам которого был выявлен ряд недостатков [3-5], которые в достаточной мере решены при создании модернизированного кольцевого вращающегося превентора с тормозным устройством поршня.

Конструкция и принцип работы. Конструкция кольцевого вращающегося превентора с тормозным устройством поршня (рис. 1) включает корпус 1 с центральным проходным отверстием и кольцевой расточкой, в которой размещены поршень 2 и планшайба 3, размещенная между поршнем и корпусом. В стенке кольцевой расточки выполнены гидравлические каналы для связи ее полостей с гидроприводом. На корпусе закреплена крышка 4 с установленной в ее центральном резьбовом отверстии крышкой

ремонтной 5 с центральным проходным отверстием. В корпусе и крышке с возможностью вращения на опорах качения расположена полая гильза 6. С верхней частью полости гильзы 6 герметично соединена опора верхняя 7 с центральным проходным отверстием, содержащая сферическую выемку. Под опорой верхней расположена опора нижняя 8 с центральным проходным отверстием, герметично установленная на торце поршня с возможностью вращения на опорах качения и скольжения, и герметично взаимодействующая с нижней частью гильзы. Уплотнительный элемент 9 расположен между верхней и нижней опорами и взаимодействует верхней частью со сферической выемкой опоры верхней 7, а нижней - с торцевой поверхностью опоры нижней 8.

Модернизированный превентор дополнительно снабжен узлом торможения состоящим из прижима 10, прикрепленным к планшайбе 3 посредством винтов, уплотнительного элемента конической формы 11, кольцевого толкателя 12 закрепленного винтами 13 к верхней поверхности фланца поршня 2, пружинами сжатия 13.

Превентор снабжен дистанционным кольцом 14 для фиксации радиального шарикового подшипника, на котором установлена гильза.

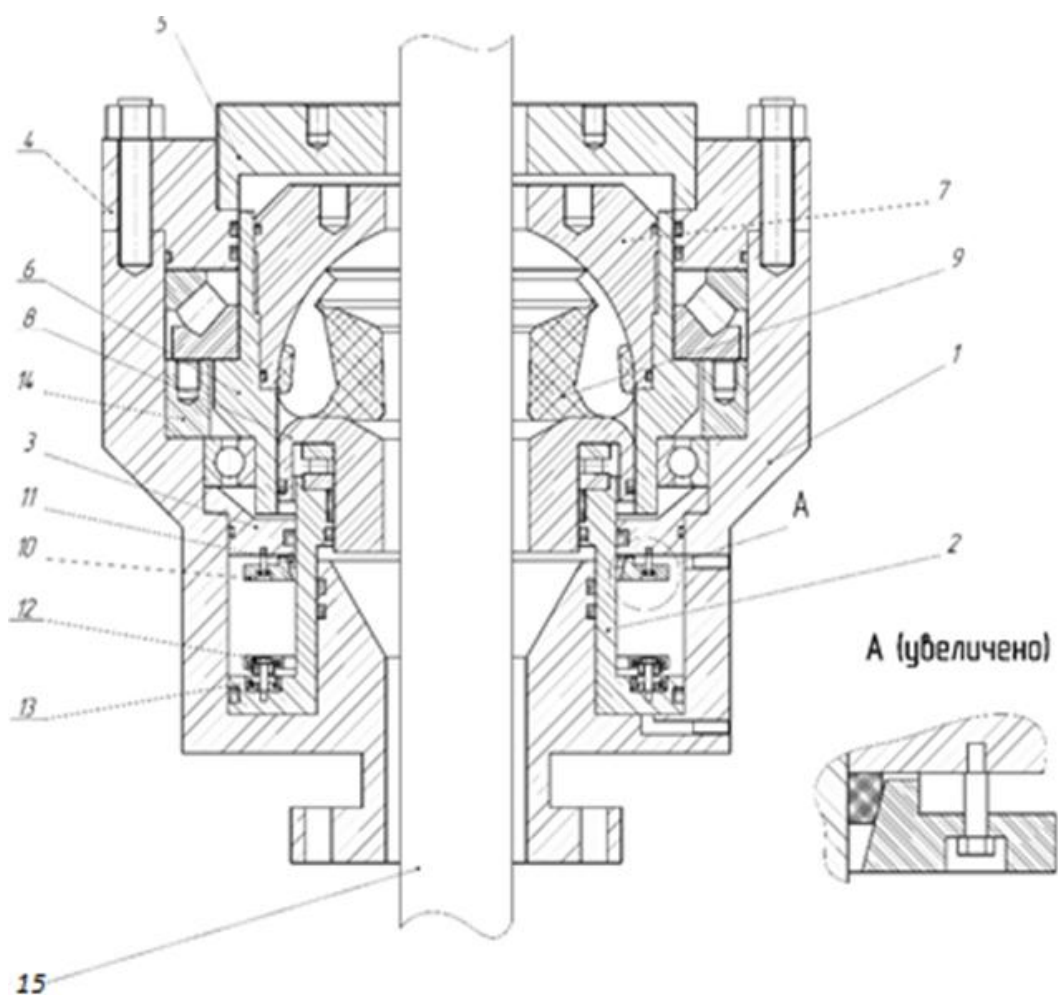


Рисунок 1. Превентор в открытом положении

Превентор кольцевой вращающийся с тормозным устройством работает следующим образом: превентор устанавливают и закрепляют на устье скважины (посадочный фланец нижестоящего оборудования не показан).

При проведении спускоподъемных операций (рис. 10) колонну труб 15 опускают через центральное проходное отверстие превентора, и уплотнительный элемент 9. Превентор при этом открыт, т. е. уплотнительный элемент 9 не сомкнут на трубе 15, т.к. не поджат поршнем 2.

Для осуществления герметизации устья скважины подают гидравлическую жидкость в гидравлический канал корпуса 1 превентора для создания давления под поршнем 2. Под действием давления жидкости поршень 2 (рис 2) поднимается вверх и через опору нижнюю 8 воздействует на уплотнительный элемент 9, перемещая его вверх по сферической выемке опоры верхней 7 превентора. Уплотнительный элемент 9, упруго деформируясь при взаимодействии со сферической выемкой, смыкается, охватывая спущенную трубу 15, и перекрывает центральное отверстие опоры верхней 7, тем самым герметизируя устье скважины.

Для проведения бурильных работ начинают вращение спущенной колонны труб 15, которое от нее благодаря силам трения, возникающим в результате поджатия материала уплотнительного элемента 9 в зонах контактов к герметизируемой поверхности, передается опоре нижней 8 и опоре верхней 7, и, далее, гильзе 6, начинающей вращение на подшипниках качения.

Во время закрытия превентора кольцевой толкатель 12 упирается в прикрепленный к планшайбе прижим 10, с усилием необходимым для обеспечения торможения поршня обеспечиваемым пружинами сжатия 13, коническое отверстие прижима 10 соприкасается своей внутренней поверхностью с кольцевым уплотнением 11 имеющим ответную коническую поверхность, обеспечивая возможность регулировки обжатия поршня 2 в радиальном направлении, предотвращая тем самым его вращение, а также обеспечивая дополнительную герметизацию. Кроме того, одновременно на контакте поз.10 и 12 усилие, создаваемое пружинами 13 образует дополнительный момент торможения равный произведению

$$M_m = F \cdot R \cdot \mu, \quad (1)$$

где F_N – сила нормальная, Н;

R – радиус окружности приложения силы F , м;

μ – коэффициент трения.

Вращение от колонны труб будет передаваться опоре нижней 8, которая будет вращаться относительно поршня 2 совместно с уплотнительным элементом 9 и гильзой 6.

При необходимости открытия превентора гидравлическая жидкость подается в гидравлический канал корпуса расположенный над поршнем (рис. 10), поршень 2 под действием давления опускается вниз, уплотнительный элемент 9 под действием упругих свойств материала возвращается в исходное положение и освобождает колонну труб 15 для проведения необходимых работ.

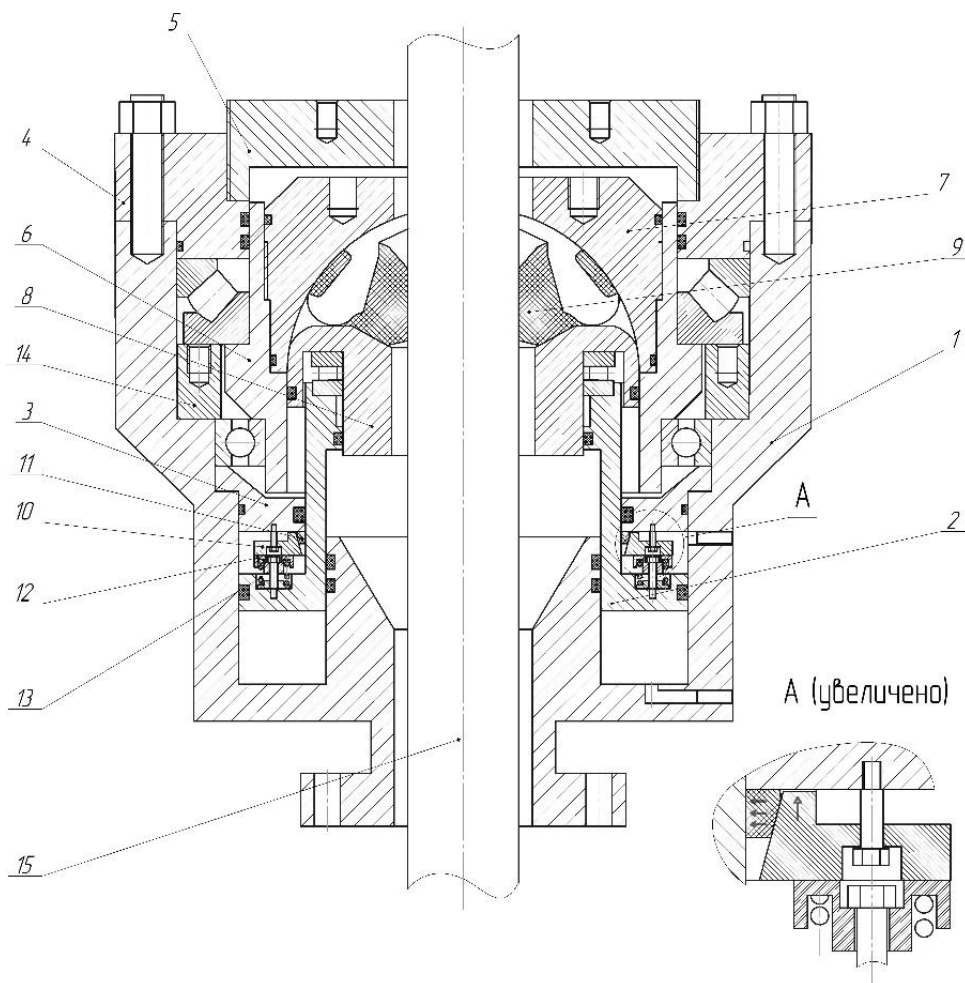


Рисунок 2. Превентор в закрытом положении

Расчет узла торможения. Рассматриваемый превентор используется для обсадных труб больших диаметров до 504 мм, поэтому диаметр бурильной трубы составит 168 мм [6].

Для проверки работоспособности узла торможения поршня рассчитаем крутящий момент бурильной колонны [7]

$$M_{кр} = \frac{N_{в} + N_{д}}{\omega}$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент, Н·м,

$N_{в}$ – мощность на холостое вращение бурильной колонны, Вт;

$N_{д}$ – мощность на вращение долота, Вт;

ω – угловая скорость вращения бурильной колонны, c^{-1} .

Мощность на холостое вращение бурильной колонны (кВт) определяется по формуле:

$$N_{в} = 13,5 \cdot 10^{-8} L \cdot d_{н}^2 \cdot n^{1,5} \cdot D_{д}^{0,5} \cdot \gamma_{р}$$

где L – длина колонны, м $L = 860$ м;

$d_{н}$ – наружный диаметр бурильных труб, м $d_{н} = 0,146$ м

$D_{д}$ – диаметр долота, м $D_{д} = 0,49$ м;

n – частота вращения, об/мин $n=250$ об/мин;
 γ_p – удельный вес раствора, Н/м $\gamma_p= 1400$ Н/м.

$$N_g = 13,5 \cdot 10^{-8} \cdot 860 \cdot 0,146^2 \cdot 250^{1,5} \cdot 0,49^{0,5} \cdot 1400 = 9,5 \text{ кВт}$$

Мощность на вращение долота (кВт) определяется по формуле

$$N_d = \Psi_N C \cdot 10^{-4} n D_d^{0,4} Q_d,$$

где Ψ_N – коэффициент равный 9545;
 C – коэффициент, зависящий от крепости породы, для мягких пород $C = 2,6$; для средних пород $C = 2,3$; для крепких пород $C = 1,85$;
 D_d – диаметр долота, м;
 Q_d – осевая нагрузка на долото, Н $Q_d=79,56$ Н.

$$N_o = 9545 \cdot 2,3 \cdot 10^{-4} \cdot 250 \cdot 0,49^{0,4} \cdot 79,56^{1,3} = 78,5 \text{ кВт}$$

$$M = \frac{9,5 \cdot 10^3 + 78,5 \cdot 10^3}{19,36} = 4,51 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Рассчитаем момент торможения предлагаемого устройства по формуле (1).
 Расчетная схема показана на рис. 3.

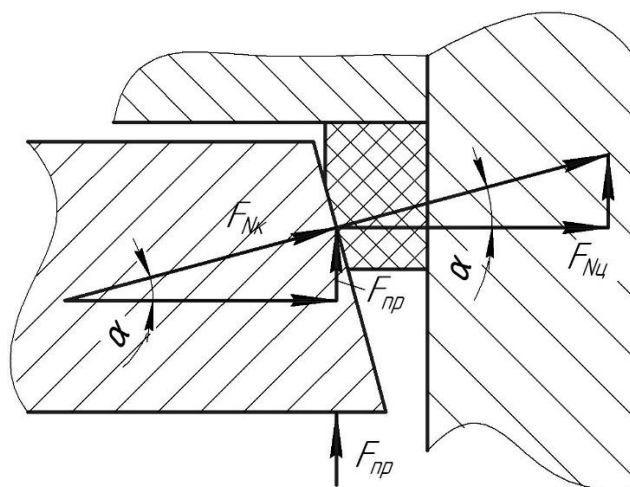


Рисунок 3. Расчетная схема узла торможения

Согласно предлагаемой конструкции усилие прижиму будет передаваться от пружин сжатия расположенных в толкателе. Учитывая коническую форму уплотнителя можно записать:

$$F_{Nц} = F_{Nк} \cdot \cos \alpha,$$

где $F_{Nц}$ – нормальная сила, действующая на цилиндрический поршень, Н;
 $F_{Nк}$ – нормальная сила, действующая на коническую поверхность уплотнителя, Н;
 α – угол конуса, $\alpha=15^\circ$.

В свою очередь нормальная конической поверхности сила равна:

$$F_{Nк} = \frac{F_{пр}}{\sin\alpha},$$

где $F_{пр}$ – сила пружины, Н

Для обеспечения торможения поршня подобрано 16 пружин, 3 класса которые равномерно распределены под толкателем, приведенная сила будет равна:

$$F_{Nц} = \frac{F_{пр}}{\operatorname{tg}\alpha} \\ F = \frac{3000 \cdot 16}{\operatorname{tg}15} = 179,14 \text{ кН}$$

$$M_m = 179138 \cdot 0,63 \cdot 0,05 = 5632 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Поскольку момент торможения $M_t = 5,6 \cdot 10^3 < M_{кр} = 4,5 \cdot 10^3$ будет производить торможение поршня разработанной конструкцией.

Заключение. В работе представлена модернизированная конструкция кольцевого сферического превентора, включающая узел торможения поршня. Для проверки работоспособности разработанной конструкции произведены расчеты крутящего момента бурильной колонны и момента торможения создаваемого прижимным устройством. Расчеты показали, что предлагаемая конструкция работоспособна и может быть использована в кольцевых превенторах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гульянц, Г. М. Справочное пособие по противовыбросовому оборудованию скважин / Г.М. Гульянц – М.: Недра, 1983. – 384 с.
2. ГОСТ 13862-90. Оборудование противовыбросовое. Типовые схемы, основные параметры и технические требования к конструкции.– М: Издательство стандартов, 1990. – 22 с.
3. Абубакиров, В. Ф. Оборудование буровое, противовыбросовое и устьевое: справ. пособ. Т.1. / В. Ф. Абубакиров [и др.] – М.: ООО ИРЦ Газпром, 2007. – 500 с.
4. Пат. 2208126 Российская Федерация, МПК E21B 33/06. Вращающийся универсальный гидравлический превентор [текст] / Бондарь А. В., Петрушин В. И., Савинов А. В., Чагин С. Б., Шевцов Д. В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное унитарное предприятие Воронежский механический завод. – № 2001102697/03; заявл. 29.01.2001; опубл. 10.07.2003. – 3с.
5. Пат. 2527054. Российская Федерация, МПК E21B 33/06. Превентор кольцевой сферический роторный [текст] / Легостаев А. М., Хайруллин Б. Ю., Витязев О. Л.; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество Научно-производственное предприятие СибБурМаш. – № 2013131333/03; заявл. 08.07.2013; опубл. 27.08.2014. – 10с.
6. Ефимченко, С. И. Расчеты ресурса несущих элементов буровых установок: учебное пособие/ С. И. Ефимченко. – М.: РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2001. – 171 с.
7. Баграмов, Р. А. Машины и оборудование для бурения нефтяных и газовых скважин. Расчеты на прочность.: учеб. пособие / Р. А. Баграмов.– ГАНГ им. И. М. Губкина. – Москва; 1997.

Поступила в редколлегию 02.02.2019 г.