



С.Ю. ВАГАПОВ,
к.т.н., инженер-конструктор,
ООО «НПП «Буринтех»



Г.Г. ИШБАЕВ,
д.т.н., профессор, лауреат
Государственной премии РФ
в области науки и техники,
генеральный директор,
ООО «НПП «Буринтех»

Как показывает практика, одним из наиболее частых осложнений в процессе строительства и эксплуатации скважин является прихват внутрискважинного оборудования. При ликвидации подобных аварий все большее распространение получают гидравлические ясы различных конструкций и типоразмеров, способных обеспечить извлечение прихваченного оборудования путем нанесения сильных ударов за счет энергии деформации рабочей колонны труб.

Влияние избыточного давления в трубах на работу гидравлических яссов

INFLUENCE OF SUPERFLUOUS PIPES PRESSURE FOR WORK OF HYDRAULIC JARS

S. VAGAPOV, G. ISHBAEV, NPP Burentech OOO

Article presents the program of development and exploitation of serial production and wide introduction of the jars of various types and performances.

Внаучно-производственном предприятии «Буринтех» принята программа по разработке и освоению серийного производства, а также широкому внедрению яссов различных типов и исполнений. В процессе проведения опытно-конструкторских и экспериментальных работ разработаны конструкции ремонтных (ЯГР) и буровых яссов (ЯГБ) для нанесения осевых ударов направленных как вверх, так и вниз. В настоящее время освоены выпуск типоразмеров яссов ЯГР-95, ЯГР(Б)-105, ЯГБ-114, 124, 172 правого и левого исполнений.

Известно, что на работу гидравлического ясса в скважине оказывает влияние работа циркуляционных насосов. В зарубежной практике данное явление получило название «насосный эффект» («гидравлическая нагрузка», «открывающая сила насоса»), подчеркивающее факт его проявления лишь в процессе работы циркуляционных насосов. В отечественной практике данному обстоятельству не уделяется должного внимания, несмотря на то что данный эффект существенно влияет на работу устройства. По нашему мнению, для промысловой практики представляет значительный интерес выяснение вопроса, какие факторы влияют на «насосный эффект», определение зависимости, позволяющих оценить его влияние на работу гидравлического ясса.

Остановимся более подробно на этом явлении, на примере гидравлического ясса для осевого удара вверх (рис.), для чего напомним принцип его работы. Ясс устанавливается в скважинной компоновке между прихваченным объектом 1 и рабочей колонной труб 2. При натяжении колонны труб 2, осевая растягивающая нагрузка передается через шлицевой шпindel 3 и верхний шток 4 к поршню 5 гидроцилиндра ясса. В свою очередь поршень 5 расположен в герметичной камере 6 гидроцилиндра, заполненной гидравлическим маслом и изолированной от окружающей среды верхним 7 и нижним 8 сальниками. Под действием нагрузки, направленной вверх, масло над поршнем 5 сжимается и перетекает через дроссель 9 в

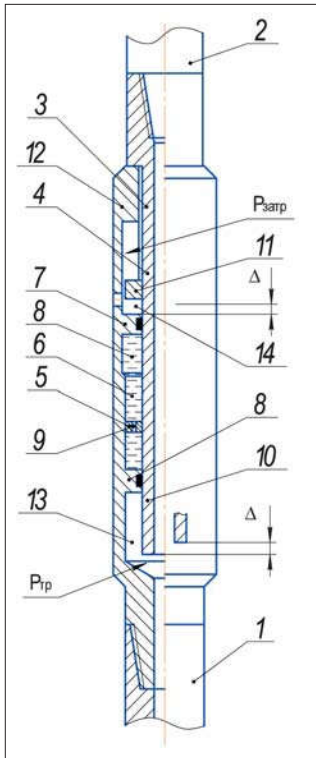
полость ниже поршня. При этом подвижная система (шпindel 3 — шток верхний 4 — поршень 5 — шток нижний 10) начинает медленно перемещаться вверх, в момент достижения поршня 5 расточки в гидроцилиндре перепад давления на поршне резко снимается, в результате чего упруго растянутая рабочая колонна 2 ударяет через боек 11 в корпус 12 ясса, нанося удар прихваченному объекту.

Поставленная задача нами решалась на основе признака устойчивости форм равновесия Дирихле с использованием принципа возможных перемещений. Составлялось аналитическое выражение суммы работ сил для виртуальных перемещений, соответствующих работе ясса и в последующем полученная сумма работ подвергалась анализу. Данный метод, получивший название энергетического, позволяет избежать больших математических трудностей при достаточной точности, и был широко разработан для применения в инженерной практике С.П.Тимошенко [1].

При анализе принимались следующие допущения: пренебрегаем силами трения в уплотнительных парах 5,7,8 и гидродинамическими сопротивлениями в дросселе 9 поршня; пренебрегаем силами трения поршня 5 при его движении в гидроцилиндре; предполагаем, что диаметры верхнего и нижнего штоков одинаковы и равны $d_{шт}$. Для простоты рассуждений предположим, что ясс находится в нейтральном сечении колонны труб, т. е. считаем, что на него не передается вес вышележащей части колонны труб; ясс считаем опертым на прихваченный объект.

Рассмотрим внутренние гидравлические полости ясса. Внутри ясса имеются три гидравлические полости, изолированные друг от друга: полость 13, гидравлически связанная с внутритрубным пространством; полость 14, гидравлически связанная с затрубным пространством, и герметичная камера 6 гидроцилиндра.

Дадим подвижным частям ясса предусмотренные его конструкцией следующие



1 – шлицевой шпindelь, передающий крутящий момент труб через ясс; 2 – верхний шток; 3 – сальник верхнего штока; 4 – полость цилиндра с маслом; 5 – поршень с уплотнением; 6 – дроссель, сообщающий полости цилиндра над и под поршнем; 7 – нижний шток; 8 – сальник нижнего штока; 9 – колонна труб.

возможные виртуальные перемещения. Пусть подвижная система «шпindelь 3 – шток верхний 4 – поршень 5 – шток нижний 10» переместятся относительно корпуса ясса на высоту Δ . При этом нижний шток 10 войдет на перемещение Δ внутрь герметичной камеры 6 гидроцилиндра, а верхний шток 4, соответственно, выйдет наружу на перемещение Δ из герметичной камеры 6. При этом в процессе перемещения объем гидравлической полости 14 уменьшится на величину $(\pi d_{шт.}^2 \Delta)/4$, а объем внутренней полости 13, наоборот, увеличится на эту же величину; объем же герметичной камеры 6 останется без изменений. В процессе перемещения во внутренней полости 13 совершится следующая возможная работа сил давления:

$$A_{внутр.} = (F_{шт.} \Delta) P_{тр.} \quad (1)$$

где $F_{шт.} = (\pi d_{шт.}^2)/4$ – площадь поперечного сечения штока; $P_{тр.}$ – гидростатическое давление в полости 13, а следовательно, и в колонне труб.

Обратим особое внимание на то, что в этом случае работа $A_{внутр.}$ имеет положительный знак, т. к. увеличение объема совпадает с направлением действия внутреннего давления.

Аналогично предыдущему случаю, во время указанного возможного перемещения работа сил давления, но уже в полости 14, составит

$$A_{внеш.} = -(F_{шт.} \Delta) P_{затр.} \quad (2)$$

где $P_{затр.}$ – гидростатическое давление в полости 14, а следовательно, и в затрубном пространстве.

Работа $A_{внеш.}$ имеет знак «-», т. к. увеличение объема происходит против сил давления окружающей среды.

При данном виртуальном перемещении низ колонны труб 2 над яссом вместе со шпindelем также приподнимется на величину подъема центра тяжести поднимаемого участка труб. Однако, принимая во внимание допущение о том, что ясс находится в нейтральном сечении колонны труб, данная работа будет равна нулю. С другой стороны, вследствие допущения о пренебрежении силами трения в уплотнительных парах 5,7,8 и гидродинамическими сопротивлениями в дросселе 9 поршня, а также силами трения поршня 5 при его движении в гидроцилиндре работу движения поршня 5, согласно принятым допущениям, считаем также равной нулю.

Итак, для принятых допущений сумма работ возможного перемещения вверх для подвижных частей ясса, составит:

$$A_{возм.} = A_{внутр.} + A_{внеш.} = (F_{шт.} \Delta) P_{тр.} - (F_{шт.} \Delta) P_{затр.} \quad (3)$$

С другой стороны, применяя энергетический метод, общую сумму работ $A_{возм.}$ различных сил при возможном перемещении Δ можно представить в виде работы одной виртуальной силы, действующей на шток и называемой обобщенной $Q_{обоб.}$, т. е. $A_{возм.} = Q_{обоб.} \Delta$ [2].

Подставляя, имеем

$$Q_{обоб.} \Delta = (F_{шт.} \Delta) P_{тр.} - (F_{шт.} \Delta) P_{затр.} \quad (4)$$

Разделив обе части равенства на Δ , получим значение обобщенной силы, действующей на шток

$$Q_{обоб.} = F_{шт.} (P_{тр.} - P_{затр.}). \quad (5)$$

Проанализируем полученное выражение. Величина обобщенной нагрузки, действующей на шток, не зависит от избыточного давления в гидравлической камере ясса, а определяется площадью поперечного сечения штока и перепадом давления между внутритрубным и затрубным пространством на уровне установки гидравлического ясса в колонну труб. При работе гидравлического ясса в скважине при выключенных насосах, в случае $P_{тр.} = P_{затр.}$, величина обобщенной нагрузки равна нулю, т. е. на шток не действует сила, обусловленная «насосным эффектом». При работе ясса с включенными насосами при прямой циркуляции, т. е. в случае $P_{тр.} > P_{затр.}$, возникает обобщенная нагрузка на шток, причем она будет иметь положительный знак, т. к. направление действия данной силы совпадает с направлением виртуального возможного перемещения Δ . Таким образом, в случае когда давление в трубах превышает давление в затрубном пространстве, на верхний шток гидравлического ясса действует обобщенная сила, выталкивающая его из цилиндра ясса, что уменьшает величину растягивающей нагрузки, необходимой для нанесения удара, но увеличивает необходимое усилие для зарядки ясса. В случае обратной циркуляции, при $P_{тр.} < P_{затр.}$, возникающая обобщенная нагрузка будет иметь отрицательный знак, т. е. на верхний шток гидравлического ясса будет действовать обобщенная сила, заталкивающая его в цилиндр ясса, что, наоборот, увеличивает необходимое растягивающее усилие для нанесения удара, но уменьшает необходимое усилие для зарядки ясса.

Данная обобщенная нагрузка может достигать существенных величин и ею нельзя пренебрегать. В табл. представлены результаты расчетов обобщенной нагрузки для яссов производства НПП «Буринтех» при перепаде давления $(P_{тр.} - P_{затр.}) = 100$ атм. Видим, что данная нагрузка при указанном перепаде может достигать 7,23 тонны, что соизмеримо с нагрузкой, прикладываемой к ясу при его расцеплении и зарядке.

Интересно отметить, что данное явление может наблюдаться и при выключенных насосах, например в случае, когда плотность жидкости внутри колонны отличается от плотности жидкости в затрубном пространстве. Действительно, в этом случае давления в затрубном и внутритрубном пространстве на уровне установки ясса могут оказаться разными, что также приведет к появлению обобщенной силы, действующей на шток. Учитывая данный факт, использование для обозначения явления терминов «насосный эффект», «открывающая сила насоса» не совсем корректно, т. к. оно может наблюдаться и при отсутствии циркуляции при выключенных насосах. Более правильным, на наш взгляд, данный эффект называть «дифференциальная гидравлическая нагрузка на шток», подчеркивающий факт точки приложения этой силы и факт ее появления при возникновении разности давлений жидкости.

Литература

1. С.П. Тимошенко, Дж. Гудьер. Теория упругости // М., Наука. 1979. 559 с.
2. В.И. Феодосьев. Сопротивление материалов // М., Наука. 1986. 511 с.

Тип ясса	ЯГР-95	ЯГР-105	ЯГБ-114	ЯГБ-124	ЯГБ-152	ЯГБ-172
$Q_{обоб.}$, кН	15,2	15,2	33,2	33,2	47,8	72,3