

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ВИНТОВЫЕ НАСОСЫ

Статья посвящена двух- и трехвинтовым насосам, незаменимым для решения многих задач нефтегазовой промышленности.

История винтовых насосов, широко применяемых в различных отраслях промышленности, весьма обширна. При постоянном росте эксплуатационных требований разработчики насосов вынуждены искать новые пути их усовершенствования. В результате появились насосы с большим предельным давлением и расходом, с повышенной износоустойчивостью, коррозионной стойкостью, более высоким КПД и с меньшими потерями утечек.

Считается, что первый винтовой насос был сконструирован еще по рисунку Архимеда и мог поднимать значительный объем воды на небольшую высоту. Подобные насосы производятся до сих пор и предназначены для тех же целей.

В отличие от центробежных, винтовые насосы обладают очень высокой производительностью при перекачивании вязких жидкостей, таких как тяжелая нефть, флотский или топочный мазут и низкосернистое топливо. При подаче жидкостей вязкостью более 20 сСт центробежные насосы заметно уступают по своей эффективности винтовым (рис. 1).

Использование винтовых насосов обеспечивает не только экономию энергии, но и снижение первоначальных затрат на системы управления, пусковую систему и кабельную сеть.

По словам Дюшуанта Мехра, аналитика консалтинговой компании Frost & Sullivan, «в настоящее время все усилия разработчиков нефтегазовых насосов направлены на повышение их производительности при минимальных затратах на энергию» [1]. В стремлении достичь большей продуктивности насосных установок предприятия используют самые эффективные технологии, предпочитая винтовые насосы центробежным. На рис. 2 можно увидеть, что их производительность остается чрезвычайно высокой при широком диапазоне давлений на выходе.

В винтовых насосах каждый виток винтовой нарезки формирует новую ступень повышения давления. Насосы высокого давления состоят из 5-12 ступеней, или витков, в то время как в низконапорных насосах их может быть всего лишь 2 или 3. Эта зависимость предельного давления от количества ступеней представлена на рис. 3. Для увеличения напора насоса в нем объединяют несколько винтов.

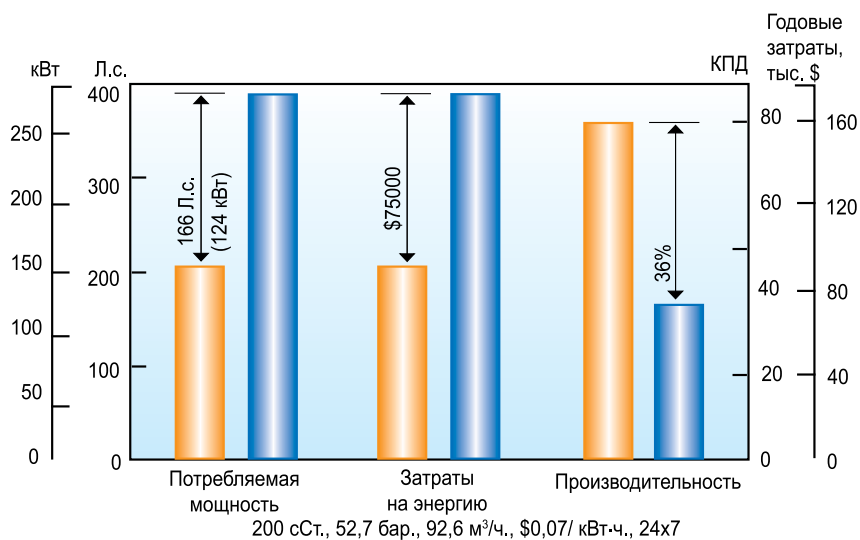


Рис. 1. Сравнительные характеристики винтовых (■) и центробежных (■) насосов

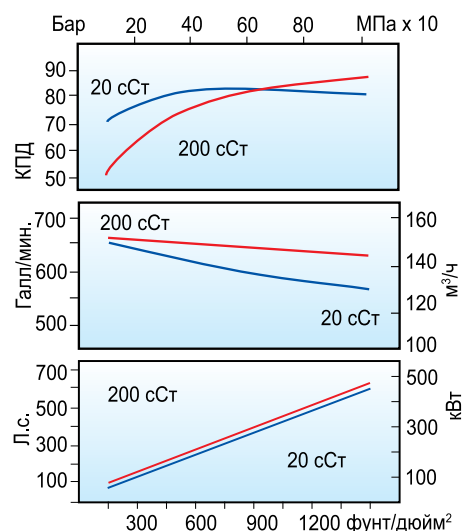


Рис. 2. Кривая производительности винтового насоса

Назначение

Современные двухвинтовые насосы высокоэффективны, обеспечивают производительность до 4000 м³/ч и давление нагнетания до 100 бар, и, кроме того, могут перекачивать агрессивные жидкости.

Благодаря их применению в процессе деасфальтизации тяжелых нефтяных фракций (ROSE), стало возможным перекачивание жидкостей с температурой до 315 °С.

Насос включен в технологическую цепочку следующим образом: распределительные шестерни и подшипники принудительно охлаждаются, в то время как корпус насоса находится в рубашке для обеспечения циркуляции горячей нефти. Это позволяет постепенно адаптировать насос к температуре технологического процесса.

Двухвинтовые насосы могут справиться с такими техническими задачами, которые не под силу многим другим типам насосов, в том числе и трехвинтовым. Они незаменимы для оборудования с низким давлением на входе, особенно если при этом необходимо перемещать большие объемы жидкости.

Наравне с трехвинтовыми насосами они находят применение в системах трубопроводов сырой нефти, технологиях перемещения вязких жидкостей и мономера для производства синтетического волокна, системах разгрузки барж, нефтяной форсунке

и процессах перекачивания котельного топлива.

Существуют направления, в которых двух- и трехвинтовые насосы находят уникальное применение:

- производство связующих материалов (адгезивов);
- обработка высокообводненной сырой нефти;
- перекачка светлых нефтепродуктов при высокой температуре;
- производство нитроцеллюлозы;
- перекачка газонефтяной смеси;
- промывка резервуаров с остаточным количеством жидкости;
- удаление смеси жидкостей с балластной водой из корабельных резервуаров.

Устройство и принцип работы

Самая распространенная конструкция двухвинтовых насосов – насос двухстороннего типа. Благодаря симметричности участков винтовой нарезки, направленных навстречу друг другу, возникает взаимная компенсация осевой силы от сил давления перекачиваемой жидкости. Насосные винты не соприкасаются друг с другом и изготовлены из коррозионностойких

материалов. Распределительные шестерни синхронизируют винтовое зацепление и передают половину общей подводимой мощности с ведущего ротора на ведомый.

Поток жидкости на входе и мощность распределяются поровну между двумя валами. На каждом конце вала установлен опорный подшипник, берущий на себя радиальные гидравлические нагрузки. Распределительные шестерни и подшипники не соприкасаются с перекачиваемой жидкостью, поэтому ее свойства, например смазывающая способность или чистота, не имеют для них никакого значения. Они изолированы от внутренней среды четырьмя уплотнениями по валу и не испытывают на себе воздействия внешних условий.

На рис. 4 показано действие радиальных сил на ротор двухвинтового насоса в зависимости от перепада давления. Они распределяются равномерно вдоль всей длины участков винтовой нарезки, что приводит к их прогибу, поэтому в корпусе насоса обязательно предусматривается рабочий зазор.

Величина прогиба должна быть сведена к минимуму, поскольку увеличение деформации приводит к большему рабочему зазору, и, как следствие, к утечкам или объемным потерям. Чрезмерный прогиб может повредить корпус и ускорить накопление усталости от вращения в искривленном состоянии, что неизбежно повлечет поломку вала. Увеличению прогиба препятствуют валы большого диаметра и большого сплошного сечения вала.

В зависимости от направления нарезки винтов (влево или вправо) и направления вращения валов, их прогиб определяется в процессе проектирования. Нагрузки от прогиба воспринимаются роликовыми подшипниками с наружной смазкой.

Радиальные нагрузки прямо пропорциональны дифференциальному давлению в насосе. Меньший угол подъема винтов (меньший шаг нарезки) может сократить эти нагрузки, но в то же время снизит и производительность. Подшипники, как правило, подбираются таких типоразмеров, чтобы обеспечить срок службы до 25 000 часов или более при максимально допустимых радиальных нагрузках и максимально возможной скорости перекачивания жидкостей. Благодаря такой схеме смазки подшипников, работающих изолированно от перекачиваемой жидкости, двухвинтовые насосы с наружными распределительными шестернями могут наравне со светлыми нефтепродуктами, водой и прочими жидкостями качать и газожидкостную смесь.

Двухвинтовые насосы производятся из самых разнообразных материалов, включая нержавеющую сталь. Если существует большая вероятность появления коррозионного налета между смежными деталями насоса, то зазор между ними увеличивают, чтобы максимально сократить риск соприкосновения в случае нарушения техноло-

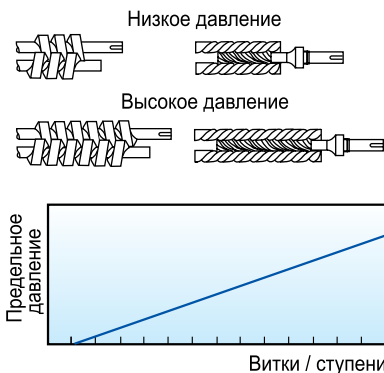
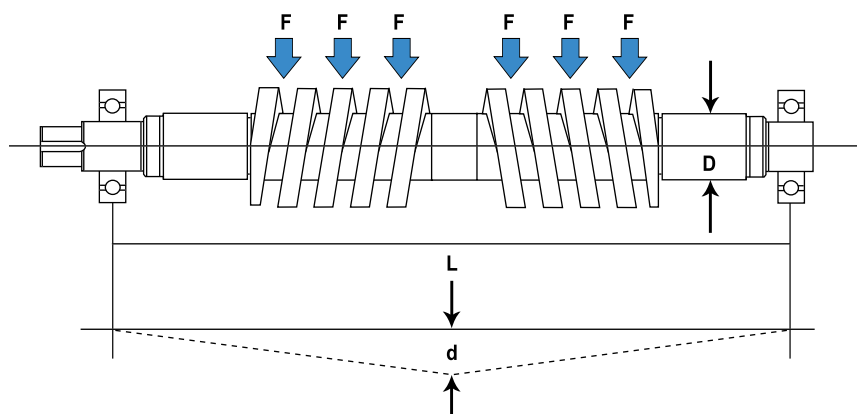


Рис. 3. Рост давления на витках винтового насоса

гического режима. Кроме того, отверстия в корпусе, в которых вращаются винты, могут быть покрыты слоем твердого хрома, что также сокращает опасность коррозионного налета и обеспечивает большую износостойкость.

После покрытия канавки подвергаются процедуре внутреннего шлифования для обеспечения нужной точности и создания необходимых зазоров. Если насос предназначен для перекачки жидкостей с высоким содержанием абразивных при-

Рис. 4. Радиальные силы в двухвинтовых насосах



месей, то на внешнюю поверхность винтов наносятся твердосплавные покрытия, повышающие стойкость к истиранию. Чаще всего для этого используются такие сплавы, как карбид вольфрама, стеллит, оксид хрома, диоксид алюминия и титана и др.

Винтовые насосы прекрасно справляются с целым рядом технологических задач, например, с перекачиванием средне- и высоковязких жидкостей. Однако они мало подходят для подачи маловязких жидкостей при высоком давлении нагнетания и небольшом расходе (менее 100 м³/ч). При подобном сочетании условий заметно снижается их эффективность. А именно такой режим характерен для трубопровода перекачки сырой нефти, где и прибегают к помощи поршневых насосов, прекрасно справляющихся с этой задачей.

Поршневые насосы обязательно оснащены ресиверами для гашения пульсации на входе и выходе из насоса. Это дает возможность избежать чрезмерных пульсаций давления в системе трубопровода, что может представлять опасность для окружающей среды в случае его разрыва от пиковых давлений и усталостных нагрузок. Сейчас ведутся активные разработки по усовершенствованию поршневых насосов, в результате чего появятся модели с повышенной производительностью и лучшими рабочими параметрами, способные справиться с более широким кругом задач.

Винтовые насосы незаменимы для многих отраслей нефтегазовой промышленности и гарантированно окупают затраты на приобретение и эксплуатацию благодаря высокой производительности, запасу устойчивости, компактности, они не требуют больших затрат для поддержания в рабочем состоянии. MPa

Литература
Дюшант Мехра. «Обзор нефтегазового сектора», Pumps & Systems, февраль 2007.

Эксклюзивный поставщик насосного оборудования Colfax Corporation / ALLWEILER, HOUTTUIN, IMO, WARREN, ZENITH в России и страны СНГ



АЛЛЪРУС

**ГРУППА
КОМПАНИЙ**

ООО "АЛЛЪРУС"
Москва / Россия
Тел.: +7 495 9566167
+7 495 9566169
Факс: +7 495 9566168
E-mail: info@allrus.ru

ЗАО "АЛЛЪРУС-Проект"
Москва / Россия
Тел.: +7 495 6265371
+7 495 9610264
+7 495 9610265
Факс: +7 495 626-53-76
E-mail: nm@allrus.ru

ООО "АЛЛЪРУС-Украина"
Киев / Украина
Тел.: +380 44 2299122
Факс: +380 44 2514740
E-mail: info@allrus.com.ua

ALLRUS Maschinenhandels GmbH
Вена / Австрия
Тел.: +43 1 86670 22161
+43 1 86670 22162
Факс: +43 1 86670 22176
E-mail: office@allrus.at



Фото 1.
Трехвинтовой насос Ito
с дизельным приводом
на магистральном
трубопроводе
сырой нефти
в Центральной Америке

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ВИНТОВЫЕ НАСОСЫ COLFAX CORPORATION: ALLWEILER, HOUTTUIN, IMO, WARREN

(Продолжение. Начало в №2/2008, с. 2)

На самом раннем этапе своего развития человек пытался механизировать способы подъема воды для более быстрого и эффективного орошения, поэтому первые насосы появились еще в глубокой древности. Сейчас разнообразное насосное оборудование помогает решать множество задач и проблем, возникающих в промышленности, сельском хозяйстве и строительстве. Без него современная жизнь практически невозможна. Достаточно отметить, что насосы потребляют около 20% всей вырабатываемой в мире электроэнергии. При выборе наиболее подходящего типа насоса из всего многообразия предлагаемых вариантов большое внимание уделяется его эффективности и совместимости с характеристиками рабочего процесса.

Все насосы, предназначенные для перекачивания жидких сред, можно подразделить на два вида в зависимости от характера воздействия его рабочих органов на жидкость: динамические насосы, к которым относятся центробежные, осевые, вихревые, шнековые и струйные, и объемные, включающие такие разновидности как поршневые, винтовые, шестеренные и др. При сравнении центробежных и винтовых насосов, двух самых характерных представителей этих групп, становится очевидным, что первые заметно уступают вторым по эффективности. КПД винтовых насосов остается на 36% больше, чем центробежных, при этом потребляемая мощность сокращается на 120 кВт, что позволяет существенно снизить затраты на электроэнергию.

Во всем мире из нефтяных скважин на поверхность поднимают около 3 млрд куб. м нефти и конденсата в год. Затраты на их эксплуатацию составляют одну из основных статей расхода в высокоразвитых странах. Этим объясняется большая заинтересованность нефтедобывающих предприятий в поиске самых эффективных способов эксплуатации скважин. Одним из возможных решений этой проблемы является использование винтовых насосов Colfax, прекрасно справляющихся с задачами перекачки маслянистых вязких жидкостей с высоким содержанием песка, газа и воды и обеспечивающих высокую эффективность технологического процесса.

Высокая производительность, простота эксплуатации и технического обслуживания, способность перекачки жидкостей с различным уровнем вязкости, коррозионная стойкость преопределили широкое их распространение.

В предыдущем номере мы постарались осветить области применения и принцип работы двухвинтовых насосов, и сейчас остановимся на следующей разновидности этого класса – трехвинтовых насосах Colfax/Allweiler, Imo. Они отличаются наибольшей производительностью, однако мало подходят для работы с агрессивными жидкостями и оборудованием с низким давлением на входе, оставляя эти задачи в компетенции двухвинтовых насосов.

Трехвинтовые насосы Colfax/Allweiler, Imo. Области применения

Среди всех видов винтовых насосов трехвинтовые получили самое широкое распространение в промышленности. Наиболее часто они используются в гидравлических подъемниках, при подаче мазута к форсункам, в системах смазки машинного оборудования, в качестве гидравлических компонентов силового привода, а также на нефтеперерабатывающих заводах для перекачки горячих вязких жидкостей – битума, гудрона и мазутного топлива.

Кроме того, трехвинтовые насосы Colfax находят широкое применение в трубопроводных системах перекачки сырой нефти (фото 1), в системах заполнения барж и кораблей, в качестве насосов подачи топлива в камеру сгорания газотурбинных двигателей.

*Фото 2.
Трехвинтовой насос Imo
в трубопроводной системе
перекачки сырой нефти
в Западной Канаде*

Современные трехвинтовые насосы Colfax могут создавать давление нагнетания жидкости более 310 бар при расходе 750 куб. м/ч. Они очень надежны в эксплуатации и обладают чрезвычайно высоким КПД. Благодаря последним разработкам, в производстве появились герметичные бессальниковые насосы с электромагнитными приводами. Они позволяют производителям существенно сократить объемы вредных выбросов и не выходить за предельно допустимые нормы, установленные законодательством.

Трехвинтовые насосы Colfax неприхотливы в эксплуатации, они отличаются высокими показателями надежности и длительным сроком службы, а также обеспечивают низкий уровень шума и удобный доступ ко всем элементам конструкции для ремонта (фото 2).

Устройство и принцип действия

Трехвинтовые насосы Colfax проектируются в двух основных конфигурациях: одностороннего и двухстороннего всасывания. Насосы первого типа используются при низком или среднем расходе жидкости, но могут развивать любой напор. Второй вид, представляющий собой два параллельных насоса в одном корпусе, предназначен для относительно большого расхода жидкости при напоре не выше средних показателей.

Конструкция трехвинтовых насосов Colfax предусматривает только одно механическое уплотнение вала, на котором установлены один или два подшипника, удерживающие вал. Осевые и радиальные гидравлические силы направлены навстречу друг к другу и взаимно компенсируются, обеспечивая внутренний



гидравлический баланс, благодаря чему нагрузка на подшипник сводится к минимуму.

Все насосы этого типа, за исключением самых маленьких моделей, не способны развивать большой напор, оснащены сменными втулками, в которых вращаются винты. Мелкие и капитальные ремонтные работы уплотнений и подшипников, а также всех частей, подверженных износу, могут быть оперативно проведены на месте без остановки технологического процесса.

Центральный ведущий винт берет на себя всю нагрузку по перекачке жидкости. Два других ведомых винта совместно с центральным приводом образуют отделенные друг от друга полости между нарезками и обоймой, в которые поступает жидкость. Это обеспечивает постепенное нарастание давления. Однако полости изолированы друг от друга не полностью – между роторами предусмотрены зазоры, через которые происходят утечки. Поскольку весь процесс подачи жидкости обеспечивается работой центрального винта, крутящий момент, передаваемый на ведомые роторы, расходуется только на преодоление вязкой среды при передвижении жидкости в канале.

Форма винтов, находящихся под воздействием гидравлических сил, влияет на величину напора, развиваемого насосом. Заданную форму винтам придают обработкой на 5-координатном станке с ЧПУ, которая обеспечивает трехмерное управление и высокую точность изготовления. Силы от воздействия внешних диаметров ведомых роторов на внутренний диаметр главного ротора направлены навстречу друг к другу, поэтому данные участки необходимо подвергнуть термообработке, чтобы в процессе работы они могли выдерживать циклическое нагружение. В дальнейшем профили винтов подвергаются дополнительной термообработке до твердости 58 HRC, благодаря чему



Фото 3.
Гидравлический
баланс
на центральном
роторе насоса
одностороннего
типа

детали насоса становятся более стойкими к истиранию от содержащихся в жидкости примесей и дольше служат.

Теоретически напор подобных насосов зависит от скорости вращения винтов, их диаметра и угла подъема резьбы. Однако главным образом их производительность определяется кубической степенью диаметра ведущего винта. При этом обратные перетоки, возникающие из-за неизбежных зазоров, перепада давления и конечной вязкости, приводят к объемным потерям. Они прямо пропорциональны квадрату величины диаметра центрального ротора, и это обстоятельство делает использование больших насосов более эффективным по сравнению с маленькими. В целом же винтовые насосы, в отличие от центробежных, позволяют существенно сократить энергозатраты в трубопроводных системах перекачки сырой нефти.

Скорость работы всех видов насосов зависит от напора подаваемой жидкости на входе, который должен быть достаточным для избежания кавитации. Трехвинтовые насосы, как и центробежные, отличаются высокой скоростью перекачивания жидкости, при этом чаще используются двухполюсные и четырехполюсные электродвигатели. Однако они справляются и с такими

задачами, где требуется сохранять низкую скорость процесса перекачки, например при большом расходе и степени вязкости среды или в случае, если на входе допускается только малое давление.

Высокая скорость работы насоса необходима при подаче маловязких жидкостей. Во время перемещения таких сред на участках ведомых винтов, подверженных нагрузкам, образуется гидродинамическая пленка жидкости, оказывающая сопротивление радиальным гидравлическим силам. По такой же схеме работают и гидродинамические подшипники скольжения, применяемые в турбостроении.

В некоторых случаях трехвинтовые насосы должны перекачивать жидкость под давлением 310 бар, вследствие чего различные части насоса испытывают на себе влияние больших нагрузок. Благодаря гидравлическому балансу создается равновесие воздействующих сил в двух плоскостях, что сводит к минимуму нагрузки на подшипники и обеспечивает оборудованию большой срок службы.

Для достижения гидравлического баланса осевых сил в насосах одностороннего типа используют прием компенсатора, который может подаваться в двух местах. В первом случае на центральном винте, с нагнетательной стороны винтовой нарезки устанавливается уравнивающий поршень (фото 3). Диаметр поршня подбирается в соответствии с диаметром нарезки ведущего винта, воспринимающей давление нагнетания. В результате противодействующие силы взаимно уравниваются друг друга, что позволяет насосу работать в режиме баланса сил. Уравнивающий поршень вращается в неподвижной втулке, в которой предусматривается небольшой зазор. Втулка изготавливается из прочных металлов и имеет покрытие, защищающее от эрозии. Ведущая сторона вала внутренне или внешне присоединяется к входному каналу насоса. При этом механическое уплотнение, воспринимающее номинальное давление на входе насоса, очищается от загрязняющих частиц благодаря утечкам через рабочий зазор.

Во втором случае выходное давление концентрируется на нагнетательных сторонах ведомых винтов. С помощью различных приспособлений оно подается к небольшим разгрузочным полостям на входе ведомых роторов (фото 4). Таким образом, создается противодавление, уравнивающее осевые силы в насосе и обеспечивающее осевой баланс.

Эффективное пространство лишь немного уступает площади выхода, поэтому встречные осевые силы, воздействующие на ведомые винты, приблизительно равны. Вследствие этого дополнительные винты работают на сжатие. Если под воздействием какой-либо силы они передвигаются к области разгрузки, то снижение давления на область уплотнительного кольца и заплечика или гидростатической площади контакта возвращает их в исходное положение.

На фото 5 представлен стационарный узел (заштрихованная область) и закрепленная радиальная балансирующая втулка, которая сама находит необходимое для работы местоположение. Давление на выходе подается к втулке через внутренние каналы в насосе или в самом роторе. Внизу виден гидростатический кармашек, выполненный в торцевой поверхности ведомого винта. К нему также



Фото 4.
Гидравлический
баланс ведомого
винта
однонаправленного
типа

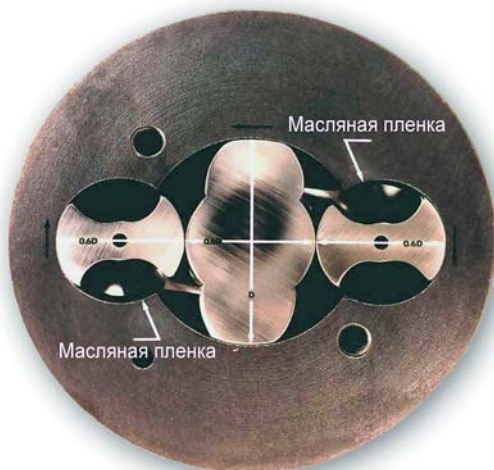


Фото 5. Радиальный гидравлический баланс трехвинтовых насосов

подводится давление на выходе. Зазор на рисунке сильно преувеличен, в действительности его величина лишь несколько тысячных дюйма.

Для гидростатических торцовых поверхностей ведомых роторов предусматривается специальная защита от коррозии, возникающей при перекачивании загрязненных жидкостей. Для придания большей прочности их подвергают процессу азотирования либо изготавливают из стойкого к коррозии карбида вольфрама. Затем их подбирают к размеру входа ведомых винтов, при этом обязательно остается запас на деформацию. Втулка по внутреннему диаметру и область заплечика также укрепляются азотированием. Оба технологических приема предназначены для повышения износостойкости деталей от мельчайших частиц абразивных примесей.

В трехвинтовых насосах Colfax благодаря симметричному расположению винтов нагрузки на центральный ротор сбалансированы в радиальном направлении. Внутри каждого витка давление распространяется равномерно, и радиальные силы перестают действовать, поскольку все участки воспринимают одинаковую нагрузку. На ведущем винте, как правило, устанавливается шариковый подшипник, чтобы сократить осевой зазор и обеспечить бесперебой-

ную работу торцевого уплотнения, однако нагрузки на него несущественны.

Радиальный баланс ведомых винтов достигается благодаря образованию гидродинамической жидкостной пленки, выполняющей функцию подшипников (фото 5). Отклонение ведомых винтов от соосности приводит к тому, что жидкость перетекает в сужающийся зазор и образуется заторможенный слой. Он оказывает давление на внешние диаметры винтов в направлении, противоположном радиальной гидравлической нагрузке (на фото 5 диагональными стрелками обозначены направления нагрузок).

Чем выше вязкость, тем больше толщина пограничного слоя и тем больший перепад давления может держать зазор. Благодаря пленке ведомые роторы удерживаются в положении в отверстиях корпуса, что снимает необходимость в системе подшипников. Если перепад давления увеличивается, то винты перемещаются радиально к стенкам окружающих отверстий.

Большее отклонение от несоосности приводит к увеличению

давления на пограничный слой и сохраняет радиальный баланс ведомых винтов. Когда давление на входе очень высоко, например, на промежуточных усилительных станциях в системах трубопровода нефти, используются специальные технологии обеспечения баланса, например изменение площади уравновешивающего поршня. Они позволяют свести радиальные силы к минимальному значению.

При всей своей универсальности и гибкости в применении трехвинтовые насосы могут использоваться все же не во всех случаях. Так, они сильно подвержены коррозионному износу, несмотря на то, что изготавливаются из самых прочных на сегодняшний день материалов, таких как никелевая сталь. Здесь им на помощь приходят двухвинтовые насосы Colfax / Warren, Houttuin, которые прекрасно справляются с задачей перемещения агрессивных жидкостей и также обеспечивают высокую производительность.

В дополнение к названным выше преимуществам винтовые насосы Colfax обладают и целым рядом других достоинств. Они обеспечивают пропорциональную подачу жидкости, неизменность продукта в процессе перемещения, ровный поток на выходе и минимальный уровень шума. Кроме того, насосы позволяют изменять направление перекачки, обладают простой конструкцией и не загрязняют окружающую среду. Благодаря своей эффективности и неприхотливости в эксплуатации винтовые насосы Colfax незаменимы для решения многих промышленных задач.

С 2002 года эксклюзивным поставщиком винтовых насосов и всех других типов насосного оборудования Colfax Corporation / ALLWEILER (Германия), HOUTTUIN (Голландия), IMO (США), WARREN (США) предприятиям нефтегазового, химического, энергетического комплексов России и стран СНГ является АЛЛПУС.





АЛЛЪРУС

Подбор и поставка насосного оборудования
для всех отраслей промышленности
с 1994 года



Контактная информация

ООО «АЛЛЪРУС»

ул. Скаковая, д. 36, офис 450

125040 Москва / Россия

Тел.: 8 (800) 222 87 23

Тел.: +7 495 15 090 15

E-mail: zapros@allrus.ru

E-mail: info@allrus.ru



allrus-pumps.com