

ГИДРОПНЕВМАТИЧЕСКАЯ ТРАНСПОРТИРОВКА РЫБЫ НА БОЛЬШИЕ ВЫСОТЫ И ДАЛЬНИЕ РАССТОЯНИЯ

Канд. техн. наук *И. И. Теслин*

Гидравлическая транспортировка рыбы-сырца в смеси с водой в настоящее время нашла широкое применение в рыбной промышленности.

Однако ввиду необходимости максимального сохранения целостности рыбы при ее перекачке, требуются такие насосы, которые удовлетворяли бы указанным специфическим требованиям.

В связи с этим насосные установки, предназначенные для перекачки рыбы, кроме основных требований, предъявляемых к насосам обычного типа, перекачивающим однородные и диспергированные жидкости (высокий коэффициент полезного действия, большой напор и производительность), должны обеспечивать также неповреждаемость перекачиваемого продукта (рыбы).

Повидимому, этой причиной и объясняется тот факт, что в рыбной промышленности центробежные насосы начали применяться значительно позже, чем в других отраслях промышленности. Сначала в рыбной промышленности нашли применение рыбонасосы водоструйные, а затем центробежные, сконструированные на базе сравнительно давно существующих канализационных насосов типа «НФ».

Водоструйные насосы не получили широкого распространения в рыбной промышленности из-за присущих им таких существенных недостатков, как низкий к.п.д. (не превышающий 0,28), малая высота всасывания (1—1,5 м), небольшая высота нагнетания (1—2 м). Эксплуатация их также показала, что они работают удовлетворительно (с точки зрения неповреждаемости рыбы) только при небольших скоростях движения в них водорыбной смеси. При повышенных же скоростях рабочей воды наблюдается значительное повреждение рыбы. В связи с указанными недостатками насосы этого типа почти повсюду вытеснены из рыбной промышленности центробежными насосами марки «РБ».

Центробежные рыбонасосы, применяемые как в СССР, так и за границей, по основным показателям (напор, производительность и к.п.д.) являются более совершенными, чем водоструйные насосы эжекторного типа. Все существующие марки отечественных центробежных насосов (РБ-100, РБ-150, РБ-200 и РБ-250) развивают общий напор до 10 м при таких числах оборотов рабочего диска, которые не вызывают существенных травматических повреждений перекачиваемой ими рыбы. Отсюда следует, что центробежные рыбонасосы обладают почти в 3 раза лучшими гидравлическими показателями и по к.п.д. в 2—2,5 раза эффективнее по сравнению с водоструйными насосами.

Однако 10-метровым напором водяного столба можно подавать рыбу по трубопроводу на расстояние около 600 м. Во многих же случаях требуется перекачивать рыбу на значительно большие расстояния. Поэтому некоторые работники рыбной промышленности, с целью повышения высоты напора или удлинения расстояния транспортировки водорыбной смеси,

стали применять установку из двух последовательно монтируемых центробежных рыбонасосов. В результате применения такого устройства стало возможным поднимать водорыбную смесь до 14 м или соответственно увеличить ее транспортировку по горизонтальным трубам до 1000—1200 м.

Однако, в зависимости от условий, часто рыбу-сырец требуется перемещать на еще большие высоты и расстояния.

В этих случаях существующие центробежные рыбонасосы не в состоянии обеспечить решение этой задачи.

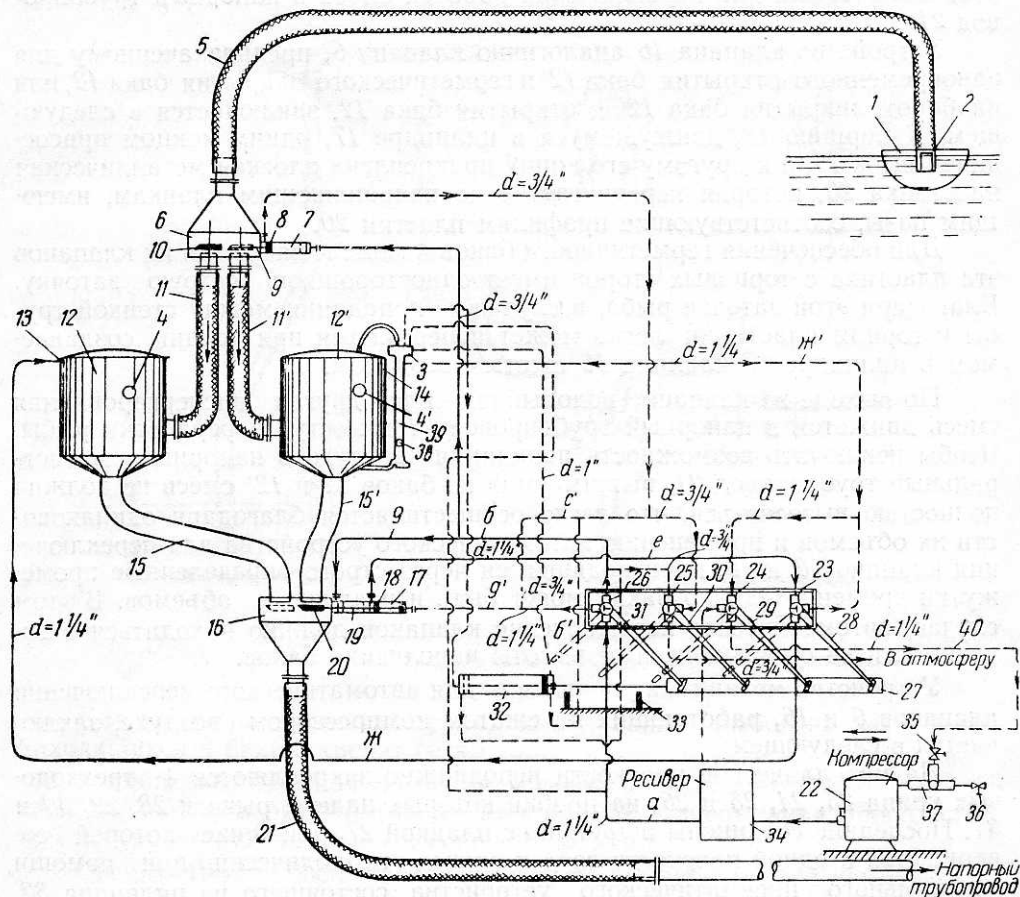


Рис. 1. Принципиальная схема гидропневматической насосной установки:

1—водок или прорезь; 2—металлическое кольцо; 3—четырёхходовой кран $d=1''$; 4—окно из органического стекла; 5—всасывающий шланг насоса; 6—комплексный клапан (входной); 7—цилиндр; 8—поршень; 9—шток; 10—пластина-нож; 11—труба; 11'—труба; 12—бак; 12'—бак с трубой; 13—сетка; 14—сетка; 15—труба; 15'—труба; 16—комплексный клапан (выходной); 17—цилиндр; 18—поршень; 19—шток; 20—пластина-нож; 21—напорный трубопровод; 22—компрессор; 23—трехходовой кран $d=1\frac{1}{4}''$ для подачи воздуха в баки; 24—трехходовой кран $d=1\frac{1}{4}''$ для спуска воздуха из баков; 25—трехходовой кран $d=3\frac{1}{4}''$ для спуска воздуха из цилиндров; 26—трехходовой кран $d=1\frac{1}{4}''$ для подачи воздуха в цилиндры; 27—планка; 28—рычаг крана 23; 29—рычаг крана 24; 30—рычаг крана 25; 31—рычаг крана 26; 32—цилиндр с поршнем; 33—пружина из пластины; 34—ресивер; 35—вентиль; 36—вентиль; 37—клапан; 38—поплавок-шарик; 39—труба; 40—воздуховсасывающая труба.

Чтобы увеличить напор и, следовательно, увеличить расстояние транспортировки водорыбной смеси по напорным трубопроводам, лабораторией механизации ВНИРО была разработана опытная пневматическая насосная установка, позволяющая создавать напор до 60 и более метров водяного столба, в зависимости от давления компрессора и способности рыбы выдерживать определенное гидростатическое давление.

Устройство пневматической насосной установки (рис. 1) заключается в следующем.

Водорыбная смесь из прорези 1 всасывается компрессором 22 или

вакуум-насосом, например, РМК-2 (последний на рис. 1 не показан) в герметический бак 12 или 12' по трубе 5, через всасывающий клапан 6 и трубам 11 или 11'. В эти же баки от компрессора 22 поступает сжатый воздух по трубам (а, б, д, е, ж), когда выжимается водорыбная смесь из бака 12 и по трубам (а, б', д', е, ж'), когда рыба удаляется из бака 12'.

Рабочая водорыбная смесь, выжимаемая из поочередно работающих баков 12 и 12', поступает по трубам 15 и 15' в комплексный клапан 16, предназначенный для переключения рабочей смеси в напорный трубопровод 21.

Устройство клапана 16 аналогично клапану 6, предназначенному для одновременного открытия бака 12' и герметического закрытия бака 12, или наоборот, закрытия бака 12' и открытия бака 12, заключается в следующем. К поршню 18, движущемуся в цилиндре 17, одним концом присоединен шток 19, а к другому его концу прикреплена плоская металлическая пластинка 20, которая передвигается по направляющим планкам, имеющим пазы, соответствующие профилям пластин 20.

Для обеспечения герметичности баков в момент закрытия их клапанов эта пластина с торцовых сторон имеет одностороннюю острую заточку. Благодаря этой заточке рыба, в случае ее попадания между стенкой трубы и торцом пластинки, легко может перерезаться при усилии, создаваемом в цилиндре 17 клапана 16 сжатым воздухом.

По выходе из клапана водорыбная или другая диспергированная смесь движется в напорный трубопровод 21 к месту переработки рыбы. Чтобы исключить возможность попадания воздуха в напорный магистральный трубопровод 21, выжимаемая из баков 12 и 12' смесь не должна полностью вытесняться, что легко осуществляется благодаря одинаковости их объемов и применению автоматического устройства для переключения клапанов 6 и 16, производящегося через строго определенные промежутки времени. Однако баки могут быть и различных объемов. В этом случае, автоматическое переключение клапанов должно находиться в зависимости не от времени, а от высоты наполнения баков.

Устройство механизма управления для автоматического переключения клапанов 6 и 16, работающих на сжатом компрессором воздухе, заключается в следующем:

На металлической плоскости неподвижно закрепляются 4 трехходовых крана 23, 24, 25 и 26, на пробки которых надеты рычаги 28, 29, 30 и 31. Последние соединены шарнирно с планкой 27, движение которой совершается в одной плоскости взад и вперед периодически при помощи специального пневматического устройства, состоящего из цилиндра 32, поплавкового механизма 38, 39, четырехходового крана 3 и системы трубопроводов, подводящих воздух в цилиндр 32 и в четырехходовой кран 3.

Точное выполнение этого устройства, как в целом всей установки, запроектированной Гипрорыбпромом, показано на рис. 2. Из этого рисунка видно, что вместо трехходового крана установлен четырехходовой.

Благодаря применению описанного пневматического устройства представляется возможным осуществлять возвратно-поступательное движение планки 27 и, следовательно, автоматически переключать, в зависимости от уровня наполнения баков 12 и 12', всю систему распределения сжатого компрессором воздуха, предназначенного для работы клапанов 6 и 16.

На принципиальной схеме пневматической установки (см. рис. 1) жирными линиями показано первое положение рычагов 28, 29, 30 и 31 и соответствующие ему места расположения пластин 20 и 10 клапанов 6 и 16. Когда бак 12' наполняется водорыбной смесью, пластина клапана 16 находится в положении, прикрывающем трубопровод 15', что исключает возможность попадания в этот бак из напорного трубопровода 21 перекачиваемой смеси. В этот же момент пластина 10 находится в положении, препятствующем поступлению рабочей смеси из всасывающего трубопро-

вода в бак 12, из которого выжимается смесь в напорный трубопровод, так как выход для нее в клапане 16 открыт.

При втором положении рычагов механизма управления процесс движения водорыбной смеси и воздуха происходит наоборот, но в том же порядке, как это только что описано при первом положении.

Для подачи сжатого воздуха в баки и выпуска из них воздуха в атмосферу в момент поступления в них водорыбной смеси из рыбонасоса служат одни и те же трубы, а именно для бака 12 труба (ж), а из бака 12' — труба (ж').

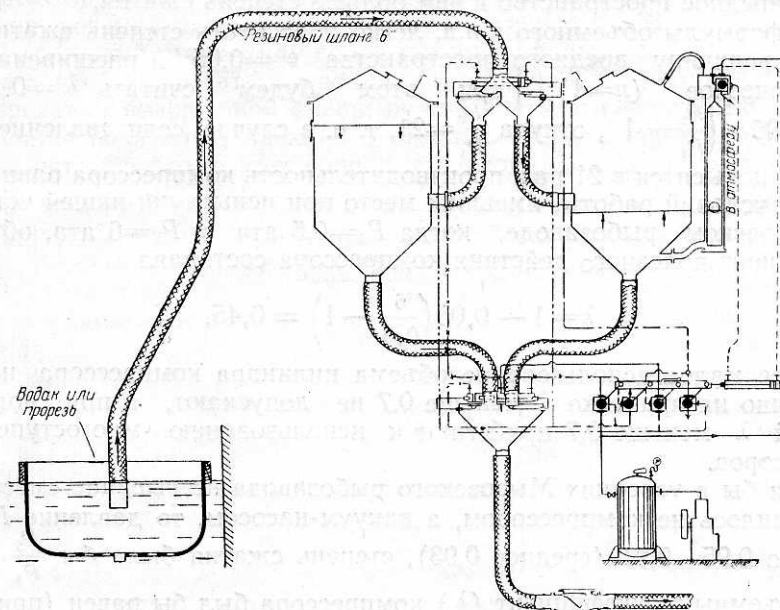


Рис. 2. Рабочая схема гидропневматической насосной установки.

Для предохранения этих трубок от закупорки рыбой на их концах, находящихся в баках, крепят сетки 13.

Гидропневматическая насосная установка была изготовлена и испытана на Азовском рыбокомбинате весной 1952 г.; испытания проводились при перекачке судака, леща и соленой тюльки.

Осенью 1952 г. было проведено испытание работы этой установки на свежей хамсе в производственных условиях работы на Мысовском рыбозаводе Крымгосрыбтреста. Как в первом, так и во втором случае результаты были получены положительные.

На Мысовском рыбозаводе наша установка развивала напор с учетом сопротивления в трубопроводе 46 м вод. ст., давая производительность 60 м³/час водорыбной смеси при соотношении рыбы к воде 1 : 2 и 1 : 3. В результате испытаний комиссия специалистов, состоящая из технологов и механиков, констатировала, что пневматическая насосная установка для транспортировки водорыбной смеси может эффективно работать при высоте всасывания до 1 м и нагнетания до 20 м с одним компрессором, а при больших высотах подъема и нагнетания водорыбной смеси — с вакуум-насосом и компрессором.

Как показали испытания, пневматическая насосная установка может работать и с одним компрессором, без вакуум-насоса и в случае больших высот всасывания и нагнетания водорыбной смеси (как это, например, имело место на Мысовском рыбозаводе). Однако нужно иметь в виду, что при таких условиях компрессор работает малопродуктивно. Действительно, из анализа термодинамических явлений, лежащих в основе

работы компрессора, следует, что объемный коэффициент полезного действия (λ)

$$\lambda = 1 - \varepsilon \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right]$$

зависит только от двух факторов: вредного пространства (ε) и степени сжатия $\left[\frac{P_2}{P_1} \right]$. Следовательно, объемный коэффициент λ тем меньше, чем больше вредное пространство и чем больше степень сжатия.

Из формулы объемного к.п.д. легко подсчитать степень сжатия, если принять величину вредного пространства $\varepsilon = 0,05$ и расширение газа изотермическое ($n=1$); при этом будем считать $\lambda = 0$. Тогда $0 = 1 - 0,05 \times \left(\frac{P_2}{P_1} - 1 \right)$, откуда $\frac{P_2}{P_1} = 21$, т. е. в случае, если давление в компрессоре повысится в 21 раз, производительность компрессора равна нулю.

Для условий работы, имевших место при испытании нашей установки на Мысовском рыбозаводе, когда $P_1 = 0,5$ ата и $P_2 = 6$ ата, объемный коэффициент полезного действия компрессора составлял

$$\lambda = 1 - 0,05 \left(\frac{6}{0,5} - 1 \right) = 0,45.$$

Такое малое использование объема цилиндра компрессора невыгодно. Обычно на практике λ меньше 0,7 не допускают, а при получении значений λ меньше 0,7 прибегают к использованию многоступенчатых компрессоров.

Если бы в условиях Мысовского рыбозавода всасывание смеси в бак производилось не компрессором, а вакуум-насосом, то давление P_1 было бы равно 0,95—0,91 (среднее 0,93), степень сжатия была бы $\frac{P_2}{P_1} = 6,4$, и тогда объемный коэффициент (λ) компрессора был бы равен (при $n=1$):

$$\lambda = 1 - 0,05(6,4 - 1) = 0,73.$$

ВЫВОДЫ

1. Пневматические насосные установки для транспортировки водорыбной смеси на большие высоты и дальние расстояния должны работать, как правило, с вакуум-насосом, предназначенным для заполнения баков водорыбной смесью, и компрессором для вытеснения из этих баков водорыбной смеси в магистральный трубопровод.

2. В тех случаях, когда имеется возможность разместить напорные баки пневматической установки не выше 1 м над уровнем зеркала воды моря (реки) и перекачка водорыбной смеси не требует давления более 2 ати (20 м вод. ст.), возможно и целесообразно использовать только компрессор.

3. При работе пневматической установки с одним баком (что может иметь место в отдельных случаях) прерывным методом устанавливать вакуум-насос излишне, так как при вытеснении из бака водорыбной смеси компрессор засасывает воздух из атмосферы и, следовательно, работает нормально с присущими ему проектными параметрами.

4. Применять центробежные или водоструйные насосы для заполнения баков пневматической насосной установки водорыбной смесью не следует, так как в насосах происходит значительное травмирование рыбы и, кроме того, на работу этих насосов требуется расходовать дополнительно энергию и производить излишние затраты на оборудование: насосы, электродвигатели и др.

5. Предельная возможность перекачки пневматической установкой любых однородных, неоднородных смесей или чистых жидкостей, для ко-

торых деформация или травмирование не имеет какого-либо значения для практики, теоретически неограниченно велика, практически же ограничивается максимальным давлением, развиваемым существующими конструкциями компрессоров.

6. Максимальное расстояние транспортировки водорыбной смеси по высоте ограничивается константой давления, т. е. тем предельно допустимым гидравлическим давлением, которое способна выдержать рыба, находящаяся в составе транспортируемой смеси, а по расстоянию, на которое можно транспортировать рыбу, кроме того, константой трения рыбы, т. е. предельной способностью рыбы противостоять разрушающим ее силам трения, возникающим в трубе в момент трения рыбы о стенки трубы, взаимного трения рыб между собой и о поток воды.

Поэтому, чтобы ответить на вопрос о максимально возможном расстоянии перекачки водорыбной смеси, нужно знать эти константы.

О величине последних, насколько нам известно, никаких литературных данных нет, а поэтому этот вопрос подлежит в дальнейшем исследованию.