

Особенности работы насоса на доильных установках

В.А. Шахов, д.т.н., профессор, В.А. Урбан, к.т.н., А.П. Козловцев, к.т.н., А.А. Урбан, инженер, ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ

В настоящее время молочные центробежные насосы применяют как для транспортировки молока и молочных продуктов в пределах фермы, так и для эвакуации молока из вакуумированной молочной линии, последующей транспортировки молока через фильтры, охладители и подачи в резервуары для охлаждения и хранения [1]. Во втором случае отказ насоса или снижение его производительности приведёт к аварийной ситуации, когда из-за переполнения молокоприёмника необходимо прерывать дойку.

Вопрос предотвращения поломки молокоприёмника приобрёл особую остроту в последнее время в связи с внедрением новых доильных установок с молокопроводом из нержавеющей стали. Такие установки применяют большинство фирм («Alfa – Laval Agri» (Швеция), «West falia Landtechnik» (Германия), «Fullwood» (Великобритания), «Gascoigne Melotte» (Нидерланды), «Babson» (США), НПП «Фемакс» (Россия) в типовых коровниках на 200 коров с двумя кормовыми проездами [2]. Моло-

коприёмный блок устанавливают непосредственно в коровнике. Такое решение зачастую требует существенного увеличения напорной линии, что приводит к повышению гидравлического сопротивления линии [3]. Кроме того, малейший подсос воздуха в насосе, обратном клапане или на участке от молокоприёмника до насоса ведёт к резкому снижению производительности и соответственно к аварийному режиму, т.е. к переполнению молокоприёмника.

Серийные молочные насосы (НМУ-6) из-за ряда конструктивных и производственных недостатков не обеспечивают стабильных характеристик при работе с вакуумированной молочной линией и по совокупности показателей уступают зарубежным (Де Лаваль, Вестфалия Сердж).

Опыты, проведённые нами, показали, что промышленный молочный насос типа МЦН-10 с закрытым рабочим колесом не обеспечивает надёжной работы в вакуумированной молочной линии прежде всего из-за больших радиальных и торцевого зазоров [4, 5].

При выборе рабочего колеса (открытого или закрытого) это очень важно учитывать для обеспечения санитарии, так как при закрытом рабочем колесе на центробежном насосе увеличивается

площадь застойных зон, что отрицательно сказывается на качестве промывки насоса. Центробежные насосы с открытым рабочим колесом такого недостатка не имеют [6, 7].

Механическое воздействие рабочих органов некоторых насосов на продукт приводит к разрушению его структурной сетки. Для получения равномерно установившегося движения необходимо, чтобы касательные напряжения на продукт в насосе были меньше аналогичных напряжений в трубопроводе. При этом следует иметь в виду, что применение повышенных скоростей движения продукта в трубе может привести к нежелательным явлениям [8].

Материал и методы исследования. В целях улучшения напорной характеристики для молочного насоса НМУ-6 было разработано полуоткрытое рабочее колесо. Рабочее колесо состоит из пяти лопастей, отогнутых назад противоположно движению рабочего колеса. Торцевой зазор между лопастью рабочего колеса и стенкой корпуса не превышает 2,5 мм. Ширина рабочего колеса равна ширине рабочей лопасти насоса НМУ-6 (рис. 1).

Насос работает следующим образом. При вращении рабочего колеса 1 жидкость (молоко) из входного патрубка 3 поступает через осевой подвод в межлопастные каналы 6. В проточной части межлопастных каналов жидкость совершает сложное движение: вращается вместе с рабочим колесом 1 (переносное движение) и движется вдоль лопастей лопастного диска 2 (относительное движение). Кроме того, из-за проявления сил инерции в межлопастных каналах имеет место «относительный вихрь», меняющий величину переносной, а значит, и абсолютной скорости. В межлопастных каналах 6 открытой части жидкость выходит с торцов рабочего колеса 1 в полость корпуса 4, продолжая вращаться совместно с лопастями 7 диска 2, тормозится о внутренние торцевые стенки корпуса 4.

Часть общего потока возвращается в межлопастные каналы 6 рабочего колеса 1 по внутренним торцевым поверхностям корпуса 4. Основная часть потока жидкости по межлопастным каналам 6 поступает в отвод 8 и через него в напорный патрубок 5.

При проведении исследования были использованы аналитический, экспериментальный и расчётно-конструктивный методы. Расчётно-конструктивный метод на основе результатов математического и экспериментального моделирования позволил получить оптимальные значения конструктивных и технологических параметров молочного насоса на доильных установках.

Результаты эксперимента были обработаны с применением известных методов математической статистики и программ средств ЭВМ.

Результаты исследования. При испытании экспериментального рабочего колеса были получены следующие данные:

– производительность при выводе молока из под вакуума (51 кПа) и при давлении в линии 1,2 кгс/см² равна 5 м³/ч;

– производительность при перекачивании молока при атмосферном давлении равна 14 м³/ч.

Напорная характеристика насоса с экспериментальным рабочим колесом при различных значениях величины вакуума представлена на рисунке 2.

Для обеспечения работы в вакуумированной молочной линии молочные насосы доильных установок оборудованы обратным клапаном. При остановке насоса под действием вакуума язычок клапана закрывает напорный патрубок и предотвращает попадание воздуха в насос. При включении насоса за счёт развиваемого насосом давления молока язычок клапана открывает напорный патрубок.

При проведении эксперимента было выявлено, что во время остановки молочного насоса в рабочую камеру через обратный клапан поступает атмосферный воздух. Скопившись в верхней части корпуса насоса, воздух перемещается во всасывающий патрубок, перекрывая его сечение, тем самым препятствуя свободному поступлению жидкости в рабочую камеру, вследствие этого снижается производительность насоса.

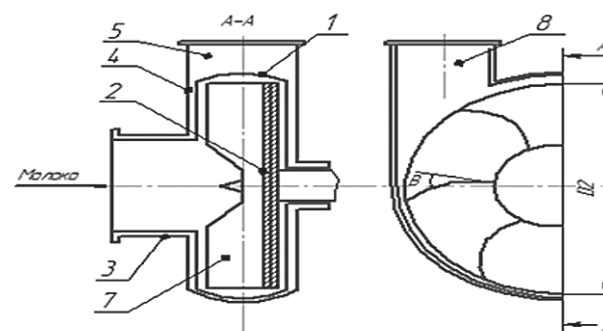


Рис. 1 – Молочный насос:

- 1 – рабочее колесо; 2 – лопастной диск; 3 – входной патрубок; 4 – полость корпуса; 5 – напорный патрубок; 6 – межлопастные каналы; 7 – лопасти; 8 – отвод

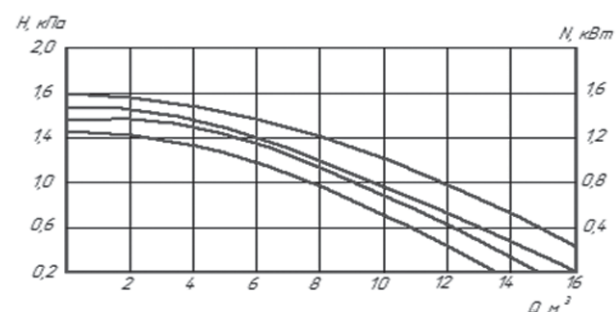


Рис 2 – Зависимость напорной характеристики насоса с экспериментальным рабочим колесом от величины вакуума:

- 1 – при вакууме 0,2 кгс/см²; 2 – при вакууме 0,3 кгс/см²; 3 – при вакууме 0,4 кгс/см²; 4 – при вакууме 0,5 кгс/см²

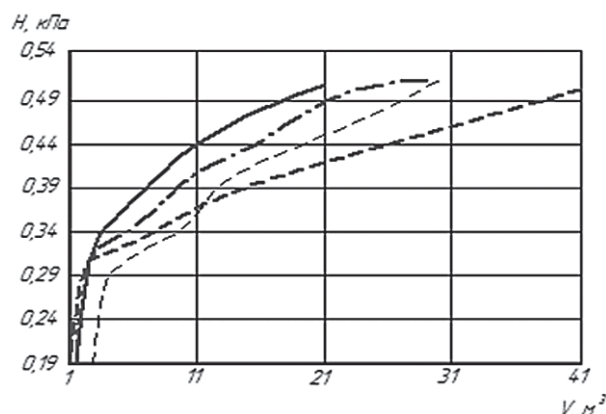


Рис. 3 – Зависимость объёма воздушного пространства рабочей камеры от величины вакуума: А – объём воздуха от 0,28–9,6 м³; В – объём воздуха от 0,45–12,24 м³; С – объём воздуха от 0,99–12,82 м³; Д – объём воздуха от 0,16–16,72 м³; F – объём воздуха от 0,192–20,35 м

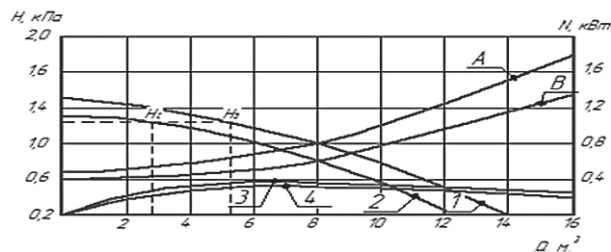


Рис. 4 – Зависимости рабочих характеристик насоса НМУ-6 с серийным и экспериментальным рабочими колёсами: А – мощность насоса НМУ-6; В – мощность насоса экспериментального:

1 – напорная характеристика экспериментального насоса; 2 – напорная характеристика насоса НМУ-6; 3 – КПД насоса; H_c – характеристика насоса с серийным рабочим колесом; H_n – характеристика насоса с экспериментальным рабочим колесом

На рисунке 3 приведён график изменения объёма воздушного пространства рабочей камеры, накапливающегося в верхней части корпуса насоса в зависимости от величины вакуума.

При больших радиальных зазорах между рабочим колесом и корпусом насоса работа насоса невозможна ввиду того, что рабочая полость насоса заполнена большим объёмом воздуха.

На рисунке 4 представлены результаты сравнения работы насоса с экспериментальным рабочим колесом и серийного насоса НМУ-6.

Были проведены испытания молочных насосов НМУ-6, из них паспортной характеристике отвечали только четыре насоса. При работе в паспортном режиме удельный расход электроэнергии серийного насоса составляет 0,305 кВт, а у экспериментального – 0,123 кВт. Видно, что экономия электроэнергии с экспериментальным рабочим колесом равна 0,171 кВт.

Вывод. Производственный эксперимент показал, что разработанный вариант конструкции центробежного молочного насоса имеет значительные преимущества перед серийным насосом НМУ-6. Производительность экспериментального центробежного молочного насоса находится в пределах 4921 л/час, тогда как у серийного она составляет 3429 л/час. Экспериментальный центробежный молочный насос обеспечивает стабильность работы доильной установки и превосходит серийный насос НМУ-6 по производительности в 1,5 раза.

Литература

1. Ковалев Ю. Н. Оборудование молочных технологических линий животноводческих ферм и комплексов. М.: Россельхозиздат, 1978.
2. Шведов В. А. Российский рынок пищевых насосов // Пищевая промышленность. 2000. № 7. С. 102–104.
3. Цой Ю. А., Мишуров Н. П., Кирсанов В. В. и др. Тенденции развития доильного оборудования за рубежом. М.: Росинформагротех, 2000.
4. Петина И. К., Урбан В. А., Ураев А. В. Факторы и мероприятия, влияющие на продуктивность животных и качество продукции // Совершенствование инженерно-технического обеспечения технологических процессов в АПК: матер. междунар. науч.-практич. конф. Оренбург, 2015. С. 178–181.
5. Урбан В. А. Разработка и обоснование конструктивно-режимных параметров молочного насоса для доильных установок: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Оренбург, 2005.
6. Мохнаткин В. Г., Шулятьев В. М., Русских В. М. Молочный насос многоцелевого назначения // Молочная промышленность. 2000. № 7. С. 49–50.
7. Пфлейдер Карл. Лопаточные машины для жидкости и газов. М.: Машиностроение, 1960.
8. Горбатов А. В., Косой В. Д., Виноградов Я. И. Гидравлика и гидравлические машины для пластинчато-вязких и молочных продуктов. М.: Агропромиздат, 1991.