

# ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫЕ ВАКУУМНЫЕ СИСТЕМЫ – ПОТЕНЦИАЛ ЭНЕРГОРЕСУРСΟΣБЕРЕЖЕНИЯ НА МОЛОЧНЫХ КОМПЛЕКСАХ

М. В. КОЛОНЧУК (БГПА)

На молочнотоварных фермах и комплексах широко применяют децентрализованные вакуумные системы откачки доильных установок. Например, вакуумная система фермы с поголовьем 200 коров часто состоит из 2-х вакуумных насосов, каждый из которых обеспечивает через свой магистральный трубопровод диаметром 40 мм разрежение в двух рабочих ветвях. На молочном комплексе на 400 коров устанавливают уже 4 такие вакуумные системы. Так как отечественная промышленность производит базовую доильную установку на 100 коров, то число вакуумных насосов на еще более крупных молочных комплексах кратно 100. В вакуумных системах доильных установок используют часто также параллельное соединение насосов. Для этого всасывающие патрубки вакуумных насосов подключают к общему вакуумному баллону, который, в свою очередь, обеспечивает разрежение с помощью одного магистрального вакуумного трубопровода большее число рабочих ветвей. Например, на комплексах на 400 коров могут устанавливать 4 ротационных насоса. Каждые два насоса подключают через вакуумный баллон к одному магистральному вакуумному трубопроводу диаметром 50 мм. Один такой магистральный вакуумный трубопровод обеспечивает разрежением четыре линейных трубопровода при доении 200 коров. Положительной стороной децентрализованных вакуумных систем доения коров считается возможность обеспечения бесперебойной работы доильных установок в случае аварийной ситуации на одной из них. Однако такие конструктивные схемы построения вакуумных систем могут иметь свои минусы.

Так в работе [1] указывается, что параллельное соединение насосов снижает ожидаемую их суммарную производительность. Причем увеличение числа вакуумных насосов снижает производительность и коэффициент полезного действия каждого из них. Интенсивность уменьшения производительности насоса при его параллельной работе зависит от характеристики насоса и вакуумной сети. Чем круче характеристика насоса, включенного в параллельную работу, и характеристика сети, тем интенсивнее

уменьшение его производительности по сравнению с производительностью при самостоятельной работе. И только для обеспечения постоянного уровня вакуума и гарантии бесперебойной работы доильной установки допускается включение отдельно вакуумных насосов в каждую функциональную линию: линию транспортирования молока, обеспечения работы доильных аппаратов, осуществления автоматизации производственного процесса [1].

Курс на промышленное животноводство требует принципиально новых схем вакуумного обеспечения молочных комплексов. Рассматриваемая проблема заслуживает более пристального внимания, так как напрямую связана с большими энергетическими затратами на современных животноводческих комплексах. Так, например, общая мощность электропривода только вакуумных насосов комплекса на 400 коров составляет 16 кВт. Такая же децентрализованная вакуумная система на комплексе на 800 коров требует потребления 32 кВт мощности. Целью настоящей работы является технико-экономическая оценка централизованных систем откачки вакуумных трубопроводов доильных установок.

Централизованные вакуумные системы обеспечивают работу доильных аппаратов с помощью одного вакуумного насоса. Такие системы используются на фермах на 400 голов рядом хозяйств республики. Шире практикуется их применение на Украине. Использование систем базируется на применении вакуумных насосов ВВН1-3 и ВВН1-6 производительностью 180 и 360 м<sup>3</sup>/ч. Воздух в централизованной системе откачивается из всех рабочих вакуумных трубопроводов, подключенных к общему коллектору. Быстрота откачки централизованной системы равна суммарной быстроте откачки децентрализованных вакуумных систем. Доказательство этого положения вытекает из уравнения воздушного потока (1) для вакуумного баллона, который соединен всасывающими патрубками с несколькими вакуумными насосами [2]:

$$Q = \sum_{i=1}^n U_i (p_0 - p_i) = \sum_{i=1}^n S_{m_i} p_i \quad (1)$$

где  $Q$  – воздушный поток, откачиваемый системой насосов [ $\text{Па м}^3/\text{с}$ ];  $U_i$  – проводимость  $i$ -го патрубка, [ $\text{м}^3/\text{с}$ ];  $p_i$  – давление в  $i$ -ом патрубке [ $\text{Па}$ ];  $p_0$  – давление в вакуумном баллоне, [ $\text{Па}$ ];  $S_i$  – быстрота откачки  $i$ -го насоса [ $\text{м}^3/\text{с}$ ].

Для всасывающего патрубка проводимостью  $U_i$  можно записать уравнение воздушного потока (2):

$$U_i(p_0 - p_i) = S_{ni} p_i \quad (2)$$

Решая уравнение (2) относительно  $p_i$ , найдем

$$p_i = p_0 U_i / (S_{ni} + U_i) \quad (3)$$

Быстроту откачки вакуумного баллона определяем после подстановки (3) в (1)

$$S_0 = Q_0 / p_0 = \sum_{i=1}^n S_{ni} U_i / (S_{ni} + U_i) = \sum_{i=1}^n S_{0i} \quad (4)$$

Если все насосы одинаковы, то  $S_0 = n S_{0i}$ , а для обеспечения в вакуумном баллоне давления  $p_0$  требуется следующее число насосов:

$$n = Q / (p_0 S_{0i})$$

Из уравнения (4) также следует, что быстрота откачки вакуумного баллона равна суммарной быстроте откачки всех насосов. Суммарная быстрота откачки параллельных насосов увеличивается пропорционально их количеству. Поэтому систему параллельно соединенных насосов можно заменить одним насосом, подключенным к вакуумному баллону и имеющему быстроту действия, определяемую по формуле (4). Централизованная вакуумная система требует применения насоса большой производительности. При одинаковой величине полезной работы за время дойки система доения коров на базе одного вакуумного насоса большой производительности является менее энергоемкой. Как одна, так и другая системы для поддержания постоянного вакуума в трубопроводах должны за одинаковое время выполнить одинаковую работу. Таким образом, при одинаковой продолжительности дойки мощность определяется работой. Следовательно, выполнить ту же работу при меньшей мощности можно, только уменьшив потери, т.е. увеличив коэффициент полезного действия. Эффективность вакуумной системы определяется энергетическими показателями вакуумного насоса и проводимостью трубопроводов. Насосы большой производительности характеризуются более высокими значениями коэффициентов полезного действия. Этот коэффициент представляет собой отношение работы, затрачиваемой на откачку  $1 \text{ м}^3$  воздуха насосом, лишенным механических, объемных и дроссельных потерь, к работе, необходимой для откачки такого же объема воздуха реальным насосом при одинаковых условиях всасывания. Коэффициент полезного действия определяется также отношением мощностей теоретического и действительного вакуумных насосов при одинаковой производи-

тельности сравниваемых машин. Чаще всего применяют для этих целей значения изотермического ( $\eta_{из}$ ) и адиабатического ( $\eta_{ад}$ ) коэффициентов полезного действия [3]:

$$\eta_{из} = \lambda \frac{N_{из}}{N_c} \Rightarrow \eta_{из} = \eta_{изад} \eta_{мех} \Rightarrow \eta_{из} = 0,955 \lambda \frac{N_{из}}{N_{ад}} \eta_{мех}$$

$$\eta_{ад} = \lambda \frac{N_{ад}}{N_c} \Rightarrow \eta_{ад} = \eta_{изад} \eta_{мех} \Rightarrow \eta_{ад} = 0,955 \lambda \frac{N_{ад}}{N_{мех}} \eta_{мех} \Rightarrow \eta_{ад} = 0,995 \lambda \eta_{мех}$$

где  $\lambda$  – коэффициент откачки;  $N_{из}$  – мощность изотермического процесса;  $N_c$  – мощность на валу насоса;  $N_{ад}$  – мощность адиабатического процесса;  $\eta_{мех}$  – механический коэффициент полезного действия.

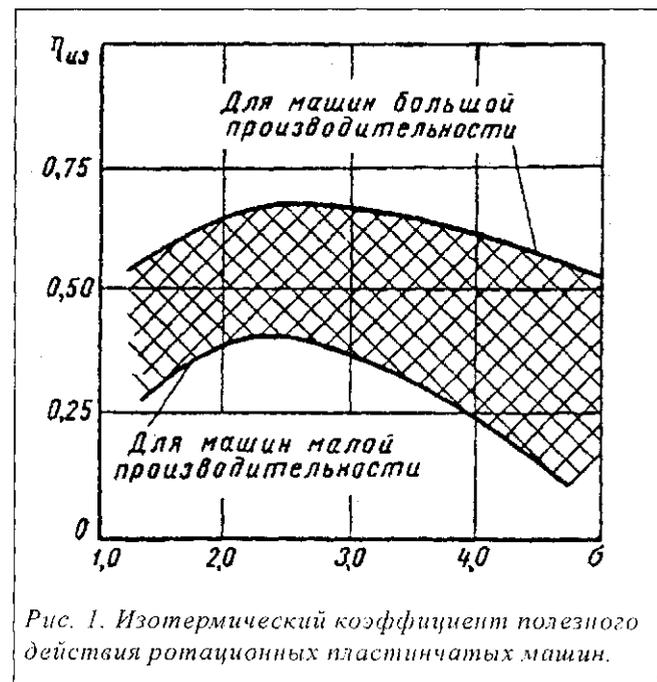


Рис. 1. Изотермический коэффициент полезного действия ротационных пластинчатых машин.

График (рис.1) зависимости значений изотермического коэффициента полезного действия от степени повышения давления пластинчатых машин, выпускаемых за рубежом, свидетельствует, что для машин большой производительности он достигает 0,60, а малой производительности – всего 0,35 [3]. Давление, которое создают вакуумные насосы в трубах доильных установок, в два-три раза меньше атмосферного давления [1, с.71]. Пластинчатые вакуумные насосы, применяемые на молочных фермах, имеют производительность  $60 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Величина этой производительности относится к машинам малой производительности. Поэтому изотермический коэффициент полезного действия вакуумных насосов малой производительности составляет 30...40%. Примерно такие же значения этого показателя водокольцевых вакуумных насосов. Значения изотермического коэффициента полезного действия вакуумных насосов

малой производительности составляют 0,3...0,4, а большой производительности – 0,48...0,52 [4, с. 51].

Снижению общего изотермического коэффициента полезного действия пластинчатых насосов способствуют значительные потери мощности на трение между пластинами и цилиндром, а водокольцевых – несовершенства работы ротора в кольце жидкости [3]. Однако, наибольшее влияние на дисперсию значений коэффициентов полезного действия вакуумных насосов оказывает коэффициент откачки. В соответствии с уравнениями адиабатического и изотермического коэффициентов полезного действия степень совершенства насосов определяется значением коэффициента откачки. Основным фактором, влияющим на снижение коэффициента откачки этих насосов, является перетечка воздуха [3, с. 100-101]. Для насосов малой производительности этот коэффициент может составлять 0,3, а большой производительности 0,9 [1]. Коэффициент откачки  $\lambda = (1 - \lambda_{нпр} - \lambda_{зм} - \lambda_{со} - \lambda_{н}) \lambda_p \lambda_T$  водокольцевых насосов также учитывает объемные потери, вызванные перетеканием воздуха из ячеек сжатия и нагнетания в ячейки всасывания ( $\lambda_{нпр}$ ), утечкой воздуха через сальники ( $\lambda_{зт}$ ), обратным расширением воздуха, оставшегося в заземленном объеме ( $\lambda_{со}$ ), испарением рабочей жидкости в ячейке всасывания ( $\lambda_{н}$ ), потерей давления ( $\lambda_p$ ) и подогревом воздуха на всасывании ( $\lambda_T$ ). Экспериментальные значения коэффициента для насосов малой производительности составляют 0,4, а большой производительности – 0,7 [5].

Увеличению коэффициента откачки вакуумных насосов большой производительности, вероятно, способствует большая глубина щелей. Ведь утечку сжатого воздуха между ротором и неподвижными частями корпуса можно рассматривать как течение через узкую длинную щель. Для снижения перетечек воздуха рекомендуется уменьшать высоту зазора и увеличивать его относительную длину [3 с. 188]. Вакуумные насосы большой производительности геометрически характеризуются большей глубиной щелей. Точно определить потери из-за утечек воздуха трудно, так как они зависят от геометрических размеров насоса и качества изготовления. Однако чем больше размеры насоса, тем меньше перетечки воздуха, так как зазоры увеличиваются непропорционально его геометрическим размерам [1, с.55].

Одним из факторов экономичности вакуумных насосов большой производительности является опережающий рост их производительности перед ростом мощности. Производительность вакуумного насоса определяется его геометрическими параметрами. Например, теоретический всасываемый

объем  $V_v$  за один оборот ротора пластинчатого вакуумного насоса определяется формулой [4]:

$$V_v = 4\pi ReL \text{ [м}^3\text{/об)}. \quad (5)$$

где  $R$  – радиус цилиндра, м;  $e$  – эксцентриситет, м;  $L$  – длина ротора, м.

Объем ячейки  $V_{я}$  вакуумного насоса определяется следующей формулой [1]:

$$V_{я} = 2(\varphi_0 - \xi)\phi\sigma R^3 \quad (6)$$

где  $\varphi$  – угол поворота, рад;  $\xi$  – отношение толщины пластины к радиусу цилиндра;  $\phi$  – отношение эксцентриситета к радиусу цилиндра;  $\sigma$  – отношение длины цилиндра к его радиусу.

Как видно из (5) и (6), увеличение габаритных размеров насоса сопровождается ростом быстроты откачки. Причем быстрота откачки насоса растет пропорционально кубу линейного размера насоса. Потребляемая мощность обуславливается площадью поверхности трения, и величина ее пропорциональна квадрату линейного размера. Следовательно, отношение быстроты откачки к потребляемой мощности насосом пропорционально линейному размеру и возрастает с увеличением этого геометрического параметра. Поэтому централизованная система откачки на базе вакуумного насоса большой производительности должна быть менее энергоемкой.

Дефицит информации обо всех типах объемных вакуумных насосов большой производительности часто препятствовал правильному использованию или применению их там, где возможен экономический эффект. В настоящее время вакуумные насосы в зависимости от выбора конструктивной схемы можно разделить на два типа: поршневые и ротационные. На первом этапе освоения доильные установки комплектовали вакуумными насосами поршневого типа. Эти насосы отличались большими размерами, металлоемкостью и сравнительно низкой частотой вращения выходного вала, требовали сооружения больших фундаментов и тщательной смазки при эксплуатации. Насосы имели сложное устройство и быстроизнашивающиеся узлы: кривошипно-шатунный механизм и механизм распределения воздуха. Малая степень уравновешенности отрицательно сказывалась на долговечности деталей и вызывала большой шум при работе насоса. При разработке новой конструкции в основу была положена схема ротационного насоса.

По конструктивным признакам применяемые на доильных установках ротационные вакуумные насосы можно разделить на пластинчатые и водокольцевые. Меньший по сравнению с поршневыми машинами вес ротационных насосов объясняется тем, что окружная скорость роторов в 3...20 раз превышает среднюю скорость поступательного движения поршня. Малый вес узлов и деталей обеспечивают отно-

нительно низкую стоимость большинства ротационных вакуумных насосов. Эти насосы, как правило, имеют быстроходный привод с малым пусковым моментом и, следовательно, более дешевые электродвигатели.

Водокольцевые вакуумные насосы обладают присущими им ценными свойствами. Ценным свойством водокольцевых вакуумных насосов для применения на доильных установках является их повышенная экологическая безопасность. Ведь износ пластин ротационных вакуумных насосов предотвращают подачей масла. Высокая температура пластин вызывает крекинг масла и испарение продуктов разложения. Молекулы масел испаряются и диффундируют во всех направлениях, в том числе и против откачиваемого потока воздуха. Считается, что плотный поток откачиваемого воздуха в вакуумном трубопроводе сносит обратно в насос диффундирующие пары масел. Однако давление в вакуумной системе доильной установки высокое - 50 кПа. Турбулентное течение, как известно, оказывающее влияние на миграцию паров масла, может сохраняться до тех пор, пока давление снизится до 1...10 кПа. Поэтому следует полагать, что в вакуумном трубопроводе доильной установки пары масел будут продвигаться в сторону молочного трубопровода. Концентрация паров масла по длине вакуумного трубопровода соответствует дифференциальному уравнению диффузии [6]:

$$Ad^2q/dx^2 + udq/dx = 0, \quad (7)$$

где  $q$  - концентрация примеси;  $A$  - коэффициент турбулентного обмена;  $u$  - скорость потока;  $x$  - длина вакуумного трубопровода.

Подставив в дифференциальное уравнение (7) выражение  $z = dq/dx$ , получим

$$Adz/dx + uz = 0. \quad (8)$$

Разделив переменные и проинтегрировав уравнение (8), определим

$$z = dq/dx = C_1 \exp[-(u/A) \cdot x].$$

Проведя вторичное интегрирование, получим общее решение уравнения (7):

$$q = C_3 \exp[-(u/A) \cdot x] + C_2 \quad (9)$$

где  $C_1, C_2, C_3$  - произвольные постоянные.

В соответствии с граничными условиями  $x=0, q=q_0$  и  $x=\infty, q=0$  имеем систему двух уравнений:

$$\begin{cases} q_0 = C_2 + C_3 \\ 0 = C_2 \end{cases}$$

Из данной системы уравнений следует, что

$$C_2 = 0, C_3 = q_0.$$

Подставив  $C_2$  и  $C_3$  в выражение (9), найдем

$$q = q_0 \exp[-(u/A)x]. \quad (10)$$

Формула (10) подтверждает, что в потоке воздуха создается экспоненциальное поле концентрации примеси. По мере удаления от вакуумного насоса концентрация примесей уменьшается, но всегда больше нуля. Скорость воздушного потока в вакуумных трубопроводах доильной установки составляет порядка 10 м/с при производительности вакуумного насоса равной  $16 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с и диаметре вакуумного трубопровода 40 мм. Принимая секундный расход масла для смазки пластин ротора равным 10-5 кг/с, а коэффициент турбулентного обмена 0,001 м<sup>2</sup>/с, получим формулу изменения концентрации паров масла по длине вакуумного трубопровода:

$$q = 6 \cdot 10^{-4} \exp(-10^4 \cdot x).$$

Подобного рода зависимость свидетельствует, что при использовании пластинчатого вакуумного насоса на доильной установке пары моторного масла будут на любом участке вакуумного трубопровода. Поскольку вакуумный трубопровод доильной установки соединяется с молочным трубопроводом, то пары масел попадают и в молочный трубопровод. Основной метод борьбы с этим явлением - применение водокольцевых вакуумных насосов, эксплуатация которых исключает применение смазочных масел. Сравнивая вакуумный насос с жидкостным поршнем с пластинчатым вакуумным насосом, необходимо отдать предпочтение ротационному насосу с жидкостным поршнем. Их конструкция проста. Износу подвергаются только вал, подшипники и уплотнения вала. Водокольцевые вакуумные насосы имеют скорость вращения от 250 до 3500 оборотов в

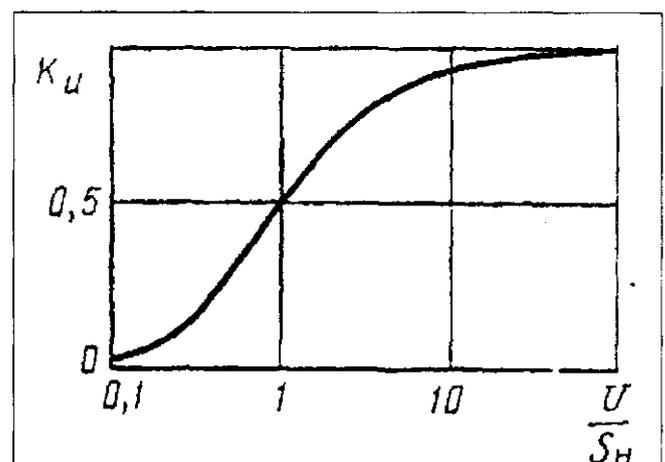


Рис. 2. Зависимость коэффициента использования насоса от отношения проводимости вакуумного трубопровода и скорости откачки насоса.

### 1. Характеристика вакуумных насосов объемного действия

Тип насоса	Марка	Быстрота действия, м <sup>3</sup> /с [2]	Время откачки от давления 100 кПа до 50 кПа, с	Масса, кг [2]	Металлоемкость, кг/(м <sup>3</sup> /с)
Водокольцевой	ВВН1-50	0,830	0,80	3450	4157
Пластинчатый	РВН-50	0,800	0,83	4500	5625
Водокольцевой	ВВН1-25	0,420	1,57	1935	4607
Пластинчатый	РВН-25	0,400	1,65	2250	5625
Водокольцевой	ВВН1-12	0,200	3,30	885	4425
Пластинчатый	РВН-6И	0,100	6,60	310	3100
Водокольцевой	ВВН1-6	0,100	6,60	590	5900
Водокольцевой	ВВН1-3	0,050	13,20	190	3800
Водокольцевой	ВВН1-1,5	0,025	26,40	134	5360
Водокольцевой	СН-60	0,016	41,20	125	7812
Водокольцевой	ВВН1-0,75	0,012	52,80	90	7200
Пластинчатый	2НВР-5ДМ	0,005	132,00	30	6000
Пластинчатый	3ВНР-1Д	0,001	660,00	9,5	9500

минуту. Они имеют относительно малые габариты и менее чувствительны к нарушениям зазоров и посадок [7]. Различные конструкции водокольцевых вакуумных насосов обеспечивают быстроту действия в широком диапазоне значений – от 0,012 до 0,83 м<sup>3</sup>/с. Давление в вакуумной системе объемом 1 м<sup>3</sup> эти насосы снижают за 0,83... 52,8 секунды (табл. 1).

Базой централизованной системы является магистральный вакуумный трубопровод большего диаметра, характеризующийся значительной проводимостью. Влияние проводимости отражается коэффициентом использования насоса ( $K_n$ );

$$K_n = U / (S_n + U)$$

где  $U$  – проводимость трубопровода, м<sup>3</sup>/с;  $S_n$  – быстрота откачки насоса м<sup>3</sup>/с.

Проводимость трубопровода влияет на эффективность использования быстроты откачки вакуумного насоса больше, чем длина трубопровода. Максимальное значение коэффициента использования насоса (рис. 2) равно единице [2] и может быть реализовано только в централизованной вакуумной системе. Кроме того, централизованные вакуумные системы менее металлоемкие. Они в большей степени удовлетворяют зоотехническим требованиям. Основная сущность зоотехнических требований к доильным установкам заключается в том, чтобы вакуумная система допускала максимальное повышение вакуумметрического давления всего на 3 кПа при внезапном кратковременном просачивании воздуха. Причем рабочий вакуум после падения должен быстро (в течение 3 секунд) восстанавливаться [8]. Этому требованию будет удовлетворять вакуумная система определенного объема. Объем централизованной вакуумной системы доильной установки можно определить по величине потока воздуха, просачивающегося в систему. Так как просачивающийся воздух повышает давление в вакуумной системе, то можно записать уравнение сохранения массы [2]:

$$Q t_1 = V(p_2 - p_1)$$

или

$$S p_a t_1 = V(p_2 - p_1) \Leftrightarrow \quad (11)$$

$$t_1 = V(p_2 - p_1) / (S p_a)$$

где  $V$  – объем вакуумной системы [м<sup>3</sup>];  $S$  – скорость просачивания воздуха [м<sup>3</sup>/с];  $p_1$  – рабочее давление в системе доильной установки (47 кПа);  $p_2$  – допустимое

рабочее давление (50 кПа);  $t_1$  – продолжительность просачивания воздуха;  $p_a$  – атмосферное давление (100 кПа).

Пропускная способность отверстия в вязкостном режиме является функцией отношения давлений (абсолютного давления в вакуумной системе и атмосферного давления), пока это отношение не станет меньше 0,1. Значение пропускной способности отверстия площадью 1 см<sup>2</sup> при отношении давлений 0,5 составляет 40-10-3 м<sup>3</sup>/с [9]. При откачке насосом изменение состояния воздуха в вакуумной системе политропическое и продолжительность откачки (от давления  $p_2$  до давления  $p_1$ ) определится из выражения

$$t_2 = (V / S_n) \ln(p_2 / p_1) \quad (12)$$

где  $S_n$  – быстрота действия насоса;

Окончательно система уравнений с учетом зависимостей (11) и (12) примет вид:

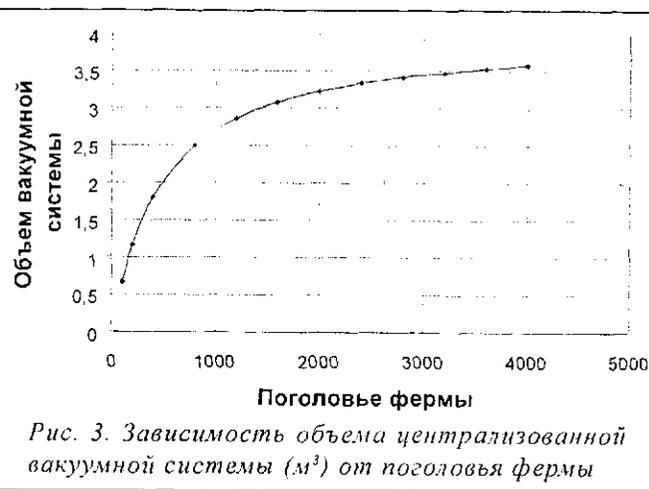


Рис. 3. Зависимость объема централизованной вакуумной системы (м<sup>3</sup>) от поголовья фермы

$$\begin{cases} t_1 + t_2 = 3 \\ t_1 = V(p_2 - p_1)/(Sp_a) \\ t_2 = (V/S_n) \ln(p_2/p_1) \end{cases} \quad (13)$$

Из системы уравнений получаем

$$V = 3 / [(1/S_n) \ln(p_2/p_1) + (p_2 - p_1)/Sp_a] \\ \Leftrightarrow V = 100 / [(2/S_n) + 25] \quad (14)$$

Графическая зависимость изменения объема вакуумной системы от поголовья фермы приведена на рис. 3. Результаты расчетов по формулам (4) и (14) технико-экономических показателей централизованной системы сведены в табл. 2.

Анализ зависимости потребности объема вакуумной системы доильной установки от размера фермы показывает, что при увеличении поголовья до 800 голов объем централизованной вакуумной системы быстро увеличивается, а затем темп роста снижается. Объем децентрализованной системы с увеличением поголовья фермы возрастает линейно. На комплексах поголовьем 200...800 голов экономия мощности и энергии наиболее реальна. Более крупные комплексы (1200 и более коров) ощутимой экономии мощности и энергии не дают от применения централизованных систем. Экономия мощности на более крупных молочных комплексах по абсолютной величине является постоянной и составляет 25...27 кВт. Однако на таких комплексах проявляется эффективность экономии емкости вакуумной системы. Удельная экономия емкости вакуумной системы в расчете на 100 коров комплекса поголовьем 2000 голов достигает 0,5 м<sup>3</sup>, что в 5 раз больше этого же показателя для фермы поголовьем 200 голов. Количество потребных вакуумных насосов на крупном молочном комплексе поголовьем 2000 коров снижается в 20 раз. Централизованные вакуумные системы следует применять, в первую очередь, на крупных молочных комплексах с доением коров на доильных площадках, а так-

же на комплексах на 200 и 400 голов с привязным содержанием коров.

ше, чем при использовании соответственно 4-х вакуумных насосов типа УВУ-60. Одновременно эко-

## 2. Эффективность централизованной вакуумной системы

Поголовье	Децентрализованная система				Централизованная система			Экономия		
	Количество насосов типа УВУ-60	Суммарная быстрота действия насосов, м <sup>3</sup> /с	Суммарная мощность, кВт	Емкость, м <sup>3</sup>	Тип насоса	Быстрота действия, м <sup>3</sup> /с	Мощность, кВт	Емкость, м <sup>3</sup>	Мощность, кВт	Емкость, м <sup>3</sup>
100	1	0,016	4	0,67	УВУ-60	0,016	4	0,67	0	0
200	2	0,033	8	1,34	ВВН1-3	0,050	7,5	1,14	0,5	0,20
400	4	0,066	16	2,68	АВЗ-90	0,090	11	1,78	5	0,90
800	8	0,133	32	5,36	ВВН1-12	0,200	22	2,46	10	2,90
1200	12	0,200	48	8,04	ВВН1-12	0,200	22	2,82	26	5,22
1600	16	0,266	64	10,72	НВЗ-30	0,300	37	3,05	27	7,67
2000	20	0,333	80	13,40	ВВН1-25	0,420	55	3,20	25	10,20

Сравнительные эксплуатационные характеристики вакуумных систем различного исполнения для фермы на 400 голов приведены в табл. 3. Централизованная вакуумная система требует меньшее количество контрольно-измерительных приборов и средств регулирования вакуума. Потребляемая ее насосом мощность на 5 кВт мень-

ше, чем при использовании соответственно 4-х вакуумных насосов типа УВУ-60. Одновременно эко-

номится ежедневно от 0,5 до 1,0 кг масла, используемого для смазки пластин насосов. Централизованные вакуумные системы на молочных комплексах позволяют снизить потребляемую электроприводом мощность на 20...30%, а объем вакуумных систем и расход металла на 15...75%. Максимальный объем централизо-

## 3. Экспериментальные и расчетные значения показателей работы вакуумных систем фермы поголовьем 400 голов

Показатель	Единица измерения	Значение показателя	
		Децентрализованная система	Централизованная система
Количество насосов	шт.	4	1
Общая установленная мощность	кВт	16,8	15,0
Общая потребляемая мощность	кВт	16,0	11,0
Суммарная годовая параболка насосов	ч	8000	2000
Годовой расход смазочных материалов	кг	200	-
Количество заменяемых деталей в течение года	шт.	16 пластин	-
Суммарная производительность насосов	м <sup>3</sup> /ч	240	360
Резерв производительности	м <sup>3</sup> /ч	-	120
Тип вакуумного насоса		Пластинчатый УВУ-60	Водокольцевой ВВН1-6
Изотермический коэффициент полезного действия		0,45	0,60
Объем вакуумной системы	м <sup>3</sup>		
Количество магистральных трубопроводов	шт.	4	1
Диаметр магистрального трубопровода	мм	40	80
Количество вакуумных регуляторов	шт.	4	1
Количество вакуумметров	шт.	4	1
Количество вакуумных баллонов	шт.	4	1
Откачка воздуха загрязненного частицами пыли		Не допускается	Допускается
Перепад давления по длине вакуумного трубопровода	Па	3000	100
Коэффициент использования насоса		0,996	0,999
Вероятность безотказной работы в течение года		0,75	0,99
Стоимость вакуумной системы (в относительных единицах)		1,0	1,0

ванной вакуумной системы достигает 4 м<sup>3</sup>. Вакуумные системы доения коров, выпаривания молока, сушки или варки пищевых продуктов, переработки мясных полуфабрикатов, комплектуемые ротационными насосами с масляной смазкой, малопригодны для технологий, требующих обеспечения полной экологической безопасности пищевых продуктов. Водокольцевые вакуумные насосы являются перспективными моделями для систем доильных установок. Выявление закономерностей перетечек воздуха в вакуумных насосах может содействовать повышению их коэффициента полез-

ного действия.

### Литература

1. Мжельский Н.И. Вакуумные насосы для доильных установок. М.: "Машиностроение", 1974, 152 с.
2. Розанов Л.Н. Вакуумная техника: Учеб. для вузов по спец. "Вакуумная техника".—2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк. 1990.—320 с.: ил.
3. Головинцов А.Г., Румянцев В.А., Ардашев В.И. и др. Ротационные компрессоры. — М.: Машиностроение, 1964
4. Хлумский В. Ротационные компрессоры и вакуум-насосы. М.: "Машиностроение", 1971, 128 с.
5. Вакуумная техника. Справоч-

ник (Фролов Е.С., Минайчев В.Е., Александрова А.Г. и др.) — М.: Машиностроение, 1985

6. Иванов В.И. Безмасляные вакуумные насосы - Л.: Машиностроение, 1980.

7. Тетерюков В.И. Ротационные вакуум-насосы и компрессоры с жидкостным поршнем.- М.: Машгиз, 1960, 251 с., ил.

8. Установки доильные. Конструкция и техническая характеристика. Первое издание. Международный стандарт 5707.- 1987

9. Шумский К.П. Вакуумные аппараты и приборы химического машиностроения. М.: "Машиностроение", 1974, 576 с.

УДК 697.4.004.2(035.5)

## ОБ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ В СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Н.К. ЗАЙЦЕВА, к.т.н.; К.Э. ГАРКУША, к.т.н. (БГАТУ)

Большинство населенных пунктов РБ имеют сложившиеся системы централизованного теплоснабжения от ТЭЦ или районных котельных с циркуляцией постоянного расхода сетевой воды. При изменении температуры наружного воздуха используется график регулирования тепловой нагрузки с параметрами в подающей и обратной магистрали 150-70°C. СНиП 2.04.07-86 определяет, что данный температурный график удовлетворяет санитарно-гигиеническим требованиям по поддержанию температуры воздуха в жилых помещениях на уровне 18-20°C и является нормативным.

С целью экономии топлива в источниках теплоснабжения в качестве простого и эффективного мероприятия по энергосбережению применяется переход к так называемому "директивному" графику с поддержанием принудительного снижения температуры сетевой воды в подающих и обратных магистралях.

Снижение температуры теплоносителя приводит к меньшему прогреванию отапливаемых помещений и дискомфорту (температура в помещениях понижается иногда до 10-12°C). Применение "директивного" графика имеет смысл в отрегулированных системах теплоснабжения, где при использовании

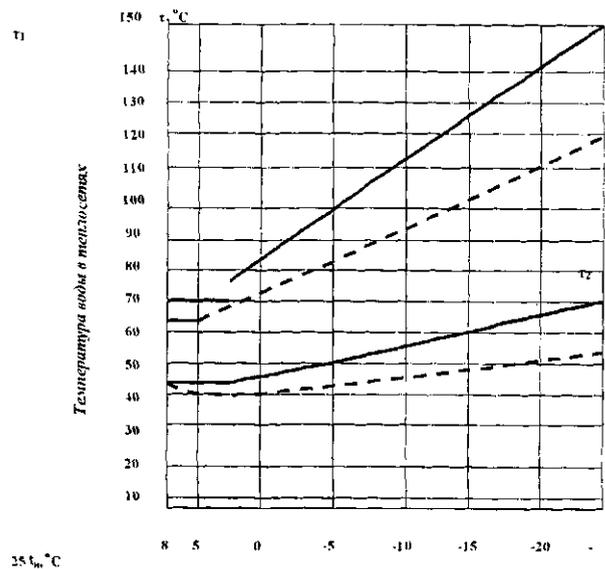


Рис. 1 График центрального качественного регулирования — нормативный 150-70°C; ..... директивный 120-54°C.

нормативного графика все без исключения потребители получали требуемое количество теплоты.