

11. Расчет параметров вакуумных насосов доильных установок

Вакуумная система доильных установок представляет собой совокупность взаимосвязанных трубопроводов и устройств для создания, измерения и регулирования вакуума.

Элементами вакуумной системы являются: вакуумный насос, резервуар (вакуумный баллон), вакуумпровод, приборы для измерения (вакуумметр) и регулирования вакуума (вакуумрегулятор), фильтр для очистки воздуха.

Одним из путей повышения эффективности машинного доения является обеспечение в стабильной величины вакуума в системе.

Требования к конструкции вакуумной системы:

Для уменьшения потерь (тем самым уменьшений колебаний вакуума) система должна:

- иметь наименьшую длину;
- иметь минимальные потери давления воздуха за счет наиболее рациональной схемы и оптимального диаметра трубопровода на всех участках сети;
- отличаться простотой, надежностью конструкций соединения труб;
- иметь наименьшее число поворотов и минимально допустимое количество арматуры (кранов, задвижек и т. д.).

Суммарные сопротивления в воздухопроводе делят на распределенные (трение воздуха о стенки) и местные, т. е.:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{л}} + \Delta p_{\text{м}}.$$

Потери давления на преодоление сопротивления от трения воздуха о стенки труб:

$$\Delta p_{\text{л}} = \lambda \cdot \frac{V^2 \cdot \ell}{2 \cdot d_B}.$$

Коэффициент гидравлического сопротивления λ зависит от характера движения воздуха в трубе:

а) при ламинарном движении

$$\lambda = \frac{64}{R_{\ell}} \left(R_{\ell} \frac{V \cdot d}{\nu} \right);$$

б) при турбулентном движении

$$\lambda = \frac{0,0442}{d_B^{0,25}}.$$

Потери давления от местных сопротивлений:

$$\Delta p_m = \sum \xi_m \cdot \frac{V^2}{2} \cdot \rho_e$$

где ξ – суммарный коэффициент местных сопротивлений.

Расход воздуха пневмосистемой доильной установки определяется по приближенной формуле:

$$Q = 1.35vV_a(1 + A)\eta_{da},$$

где 1,35 – коэффициент, учитывающий утечки воздуха;

v – частота пульсаций доильного аппарата, *пул/с*;

V_a – начальный объем воздуха при атмосферном давлении, заключенный в камерах и трубках одного доильного аппарата, *м³*;

A – коэффициент, учитывающий протечки воздуха из вакуумной системы доильной установки вследствие недостаточной герметичности;

η_{da} – количество работающих доильных аппаратов.

Суммарные потери примерно равны по величине расходу воздуха аппаратом. В связи с этим коэффициент увеличения запаса подачи вакуумного насоса рекомендуется принимать равным 2–3, то есть

$$Q_\phi = (2 \dots 3) \cdot Q.$$

Степень неравномерности расхода воздуха определяется по формуле:

$$\delta_n = \frac{500}{z^2},$$

где z – число лопастей (пластин) у вакуумного насоса.

Для снижения влияния неравномерности в систему необходимо включить вакуумный баллон емкостью 20–25 *дм³*.

Потребное количество вакуумных насосов для поддержания устойчивого режима в системе:

$$n_{в.н.} = \frac{Q_\phi}{Q_n},$$

где Q_n – производительность вакуумного насоса при заданной величине вакуума, *м³/ч*.

Энергетическим узлом доильной машины, обеспечивающим ее работоспособность, является вакуумная установка, включающая в себя вакуумный насос и приводной двигатель (электродвигатель или двигатель внутреннего сгорания).

Вакуумные насосы подразделяются по конструктивному исполнению основного рабочего органа, по величине создаваемого разрежения, по назначению и характеру использования (рис. 10.46). Так называемые «сухие» насосы предназначены для откачивания только газов, а «мокрые» – для откачивания воздушно-жидкостных смесей.



Рисунок 10.46 – Классификация вакуумных насосов

В настоящее время на отечественных доильных установках наибольшее распространение получили пластинчатые насосы марок РВН–40/350; УВУ–60/45; ВЦ–40/130 и другие.

Унифицированная вакуумная установка УВУ – 60/45 (рис. 10.47,а) может работать в 2-х режимах: при вакууме 53 $\kappa\text{Па}$ обеспечивать производительность 60 или 45 $\text{м}^3/\text{ч}$ (достигается изменением частоты вращения ротора путем замены шкива клиноременной передачи на валу электрического двигателя).

Также разработаны и широко применяются установки с водокольцевыми вакуумными насосами (ВВН) (рис.10.47,б). Уплотнение между ротором и статором обеспечивается слоем воды.

Основными преимуществами их в сравнении с пластинчатыми насосами являются отсутствие трущихся рабочих органов и высокая производительность. Однако наличие системы оборотного водоснабжения усложняет конструкцию установки в целом и ее эксплуатацию.

Мировые производители доильного оборудования ведут работы по совершенствованию конструкций как пластинчатых, так

водокольцевых насосов в направлении снижения шума, энерго-и металлоемкости, а также экологического загрязнения атмосферы.

Так шведской фирмой «DeLaval» выпускаются вакуумные насосы с рециркуляционной системой смазки, практически исключая выброс отработанного масла в атмосферу (рис.10.47,е).



Рисунок 10.47 – Вакуумные установки и насосы:
а – УВУ-60/45; *б* – установка водокольцевая УВВ-Ф-90М;
в – мембранный вакуумный насос НВМ-20; *г* – двухроторный вакуумный насос 2ДВН-500; *д* – установка водокольцевая производства фирмы «Westfalia Surge»; *е* – вакуумная установка с рециркуляционной смазкой насоса производства фирмы «DeLaval»

Производительность вакуумного насоса и мощность на его привод

Полезный объем камеры всасывания пластинчатого насоса определяется по формуле:

$$V_{BC} = 2 \cdot e \cdot D \cdot L \cdot \sin \frac{\beta}{2}$$

где D – диаметр статора, м;
 e – эксцентриситет насоса, м;
 L – длина ротора, м.

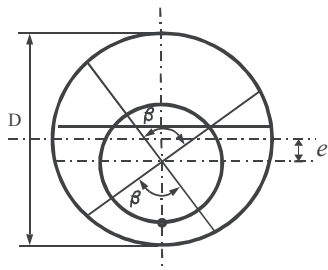


Рисунок 10.48 –
 Схема к расчету
 производительности
 вакуумного насоса

При числе пластин (лопастей) и угловой скорости вращения ротора, производительность насоса (m^3/c) равна:

$$Q = V_{BC} \cdot Z \cdot \frac{\omega}{2\pi},$$

или

$$Q = \frac{1}{\pi} \cdot e \cdot D \cdot L \cdot Z \cdot \omega \cdot \sin \frac{\beta}{2}$$

Наибольшее распространение получили 4-х лопастные ($Z=4$) вакуумные насосы при $\beta = 90^\circ$ (рис. 10.48).

Для таких насосов расчетная формула имеет вид:

$$Q = 0.98 \cdot e \cdot D \cdot L \cdot \omega.$$

Из полученных зависимостей видно, что теоретическая производительность вакуумного насоса прямо пропорциональна его геометрическим размерам и частоте вращения ротора.

На фактическую производительность насоса влияет величина вакуума в системе, что учитывается манометрическим коэффициентом:

$$\eta_m = \frac{P_{\sigma} - h}{P_{\sigma}},$$

где P_{σ} – барометрическое атмосферное давление, $кПа$;
 h – величина вакуума в системе, $кПа$.

Кроме того, фактическая производительность вакуумного насоса зависит от степени наполнения всасывающей камеры, которая учитывается коэффициентом наполнения (его величина зависит от конструкции насоса и частоты вращения ротора). Тогда:

$$Q_{\phi} = 0,98 \cdot e \cdot D \cdot L \cdot \omega \cdot \eta_m \cdot \varphi_n, \text{ м}^3/\text{с}.$$

Мощность двигателя на привод вакуумного насоса, кВт:

$$N = \frac{M \cdot \omega}{\eta \cdot 1000},$$

где M – момент сопротивления на валу ротора, Н·м;

ω – угловая скорость вращения ротора, рад/с;

η – суммарный к.п.д. привода ($\eta = 0,75 - 0,85$).

Момент сопротивления определяется по формуле:

$$M = H \cdot e \cdot D \cdot L,$$

где H – величина вакуума в системе, кПа.

Зависимости производительности насоса и потребляемой мощности от угловой скорости ротора, показаны на рисунке 10.49, а зависимость потребляемой насосом мощности от величины вакуума – на рисунке 10.50.

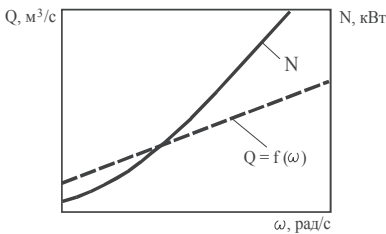


Рисунок 10.49 – Зависимость Q и N от частоты вращения ротора ω

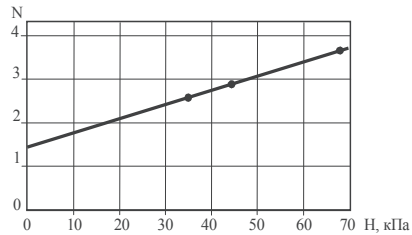


Рисунок 10.50 – Зависимость $N = f(H)$