

А-1
МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА (ВИМ)

На правах рукописи
Инж.-мех. М. Г. ПОТОЦКИЙ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

„ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ВОДОСТРУЙНОГО ВАКУУМ-НАСОСА В
СЛУЧАЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЕГО ДЛЯ РАБОТЫ
С ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ“

Научный руководитель
лауреат Сталинской премии
канд. технических наук
В. С. КРАСНОВ

1951

МЕХАНИЗАЦИЯ ДОЕНИЯ КОРОВ НА ГОРНЫХ ПASTБИЩАХ.

В горных районах нашей страны на весь предстоящий период скот выгоняют на горные пастбища. На горных пастбищах наиболее трудоемкой работой в молочном животноводстве является доение коров.

Механизация доения коров на пастбищах не имеет себе широкого применения в настоящее время. Это имеет место потому, что на пастбищах нет электроэнергии, необходимой для питания силового агрегата доильной установки вынужденной промышленности. Силовой агрегат этой установки состоит из электрического двигателя и поршневого вакуумнасоса. При замене этого двигателя каким-нибудь другим /двигателем внутреннего сгорания, например/, в целях привода вакуумного насоса в условиях горных пастбищ, возникает значительное затруднение при монтаже и эксплуатации. Возникает необходимость сооружения специальных помещений, капитальных фундаментов и транспортировки значительного количества горюче-смазочных материалов по горным дорогам, часто на большие расстояния.

С целью изыскания местных источников энергии, доступных для механизации доения на горных выгонах, нами были обследованы некие типичные пастбища молочного скота ряда областей Киргизии. Оказалось, что большинство животноводческих хозяйств имеет пастбища на значительных расстояниях от скотных дворов /5-20, а иногда до 50 км/. Стойловые и спорные дрова для обслуживания скота на летних пастбищах обычно базировались в устьях рек, ручьев или рек, причем для обеспечения хороших условий

102603.

улавтса, по возможности, достаточно мощные ручьи.

Измерениями на местности было установлено, что уклоны горных рек и ручьев колеблются в пределах от 3 до 10%, т.е. на каждые 100 м ручья уровень русла понижается на 3-10 м. Большое падение воды на коротких расстояниях создает благоприятные условия для использования гидроэнергии с небольшими затратами на сооружение водонапорных устройств.

Для использования гидроэнергии горных ручьев нами предложена, разработана и испытана гидромеханическая доильная установка, в которой электрический двигатель и поршневой вакуумнасос заменены самотечной водонапорной магистралью с водоструйным вакуум-насосом. Водонапорная магистраль состоит из трубопровода диаметром 100 мм и небольшого канала. Последний служит для отвода потребного количества рабочей воды из ручья или реки на крутой склон горы, у основания которой размещается доильная площадка. От конца канала вниз по поверхности склона горы прокладывается трубопровод до основания склона, у которого устанавливается водоструйный вакуумнасос. Канал делается конным плугом, трубопровод монтируется из стандартных водопроводных труб. Длина трубопровода зависит от крутизны склона горы и потребного напора. В обследованных нами районах крутизна горных склонов, образующих ущелье, обычно превышает 30°. Следовательно, для создания напора рабочей воде в 1,0-1,5 атм, достаточного для работы агрегата, длина трубопровода составит 20-30 м.

Водоструйный вакуумнасос является простейшим из всех насосов, применяемых для откачки воздуха и создания вакуума. Он состоит из трех основных частей - водовпускного сопла, смешительной камеры и диффузора. Его работа основана на принципе

эжекции воздуха водяной струей. По водонапорному трубопроводу рабочая вода подается под давлением к водовпускному соплу. Из этого сопла вытекает водяная струя, которая проходит через смешительную камеру с большой скоростью /10-20 м/сек./ . В смешительной камере рабочая струя смешивается с воздухом и увлекает его с собой. Далее воздушно-водяная смесь проходит через диффузор к месту разлива. В диффузоре смесь сжимается от давлением в смешительной камере до атмосферного или избыточного нажима в случае применения водовпускного на разлива смеси, а в смешительной камере водоструйного насоса образуется вакуум. К смешительной камере присоединяется доильный трубопровод, через который откачивается воздух из доильных аппаратов при доении коров.

Доильная установка имеет 10 доильных аппаратов. Для нормальной работы полного комплекта доильных аппаратов, необходимо откачивать из них до 32 м³/час воздуха /при давлении 0,5 ата/ и поддерживать в них вакуум в 0,5 ата.

Основным недостатком водоструйного вакуумного насоса является его низкий коэффициент полезного действия. Нам удалось создать более высокоэффективную конструкцию этого аппарата.

Смонтированные и испытанные нами гидромеханические доильные установки на горных пастбищах двух комплексов Фрунзенской области Киргизской ССР успешно эксплуатировались в течение наступивших сезонов 1950-1951 г.г. Каждая из них обслуживала молочное стадо до 100 коров в использованном полном комплекте доильных аппаратов. Обе установки обслуживались самими

дояркам. Экономическая эффективность эксплуатации этих установок оказалась значительно большей, чем с приводом от двигателя внутреннего сгорания.

Работа опытных гидромеханических доильных установок проводилась специалистами Киргизского научно-исследовательского института животноводства и комиссией Министерства сельского хозяйства Кир.ССР. Установки получили положительный отзыв от всех специалистов, участвовавших в испытаниях.

В решениях ученого Совета КирНИИД"а и коллегии МСХ КирССР отмечены: высокое качество работы установок, исключительная простота обслуживания, высокая экономическая эффективность и широкие возможности применения их на пастбищах в горных районах и предгорьях.

В горных районах нашей страны имеются большие возможности устройства таких установок, т.к. почти все горные районы богаты ручьями с достаточно большими уклонами их русел. Рельеф местности благоприятствует устройству водонапорной магистрали силами животноводческих хозяйств с небольшими затратами на монтаж и обслуживание.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И КРАТКАЯ МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОСТРУЙНОГО ВАКУУМ НАСОСА.

До настоящего времени в литературе не опубликовано исчерпывающих методов расчета водоструйных насосов для откачки воздуха, нет и достаточных экспериментальных данных, которые могли бы служить базой для разработки более совершенных методов расчета

Теоретические выводы предыдущих исследователей работы водоструйных аппаратов содержат ряд исключений друг друга положений. Опубликованные методы расчета водоструйных вакуум-насосов не предусматривают определения их главных конструктивных параметров - длины смешительной камеры и длины диффузора. Аппараты существующих конструкций выполнялись с длиной смешительной камеры порядка 20-30 мм. Полагалось, что эффективность работы аппарата не зависит от длины смешительной камеры. В этих методах расчета единственным конструктивным параметром, подлежащим расчету, является форма диффузора. При этом определяются его сечения, а длина принимается произвольно. Поэтому для одних и тех же условий расчетный профиль диффузора получается различным, если принимается различная его длина. В расчетные формулы введены коэффициенты эффективности работы водоструйного аппарата, выбор величин которых не обоснован.

В литературе не освещены исследования основных факторов, способствующих орошению воздуха водяной струей и возникновению этому действию струи. Предыдущие исследователи не уделяли внимания изучению процесса смешивания водяной струи с отсасываемым воздухом в водоструйном вакуум-насосе. Они не изучали основных потоков, действующих внутри этого насоса. Очевидно, поэтому до сих пор не удавалось создать достаточно эффективных конструкций водоструйного вакуум-насоса.

Учитывая необходимость создания высокоэффективного водоструйного вакуум-насоса, как основного звена гидромеханической доильной установки, решающей проблему механизации доения коров на горных пастбищах, нами была проведена экспериментальная ис-

следования водоструйного вакуумного насоса в случае его работы с доильной установкой.

На экспериментальное разрешение были поставлены следующие основные вопросы:

1. Изучение основной структуры потока смеси в водоструйном вакуум-насосе с выявлением главных факторов, влияющих на процесс откачки воздуха водяной струей.

2. Исследование степени влияния основных факторов, обуславливающих достаточную устойчивость и высокую эффективность работы водоструйного вакуум-насоса на средних вакуумах и выявление его рациональных размеров и форм.

Основные исследования проводились на стеклянных моделях, изготовленных на Московском опытном стекольном заводе по нашим проектам. Заключительные исследования проводились на универсальной металлической модели, регулируемой в более широких пределах, чем стеклянные. Мощность каждой модели рассчитывалась на привод полного комплекта доильных аппаратов. Последние модели были спроектированы на основании экспериментальных данных, полученных нами при изучении работы первых конструкций. Все лабораторные испытания проводились в лаборатории эксплуатации молочных машин Всесоюзного научно-исследовательского института механизации сельского хозяйства /ВИМ/. При испытаниях прозрачных моделей ^{изучались} характерные явления, совершавшиеся в цилиндрической смесительной камере и стеклянных диффузорах различных профилей и основные структурные изменения потока смеси при его движении через аппарат.

Большинство опытов проведено при изменениях вакуума в

смесительной камере от 200 до 500 мм рт. ст., давления рабочей воды перед водовпускным соплом от 1,0 до 2,0 атм, длины смесительной камеры от 60 до 400 мм, начального диаметра водяной струи от 22 до 29 мм, отношения наименьшего сечения горловины диффузора к наименьшему сечению водовпускного сопла от 1,54 до 2,4, длины диффузора от 450 до 700 мм.

Изучалась работа диффузоров следующих профилей: в виде прямой цилиндрической трубы, прямой конусной трубы с центральным углом раскрытия конуса 8° и 3-х диффузоров с переменными углами конуса: в $1^\circ 30'$, 5° , $6^\circ 30'$ и 14° ; $2^\circ 30'$, 4° , 6° и 8° ; 3° , 5° и 8° .

Характерные явления, совершавшиеся в смесительной камере и диффузорах, фотографировались на пленку высокой чувствительности и фиксировались эскизной зарисовкой с описанием особенностей наблюдаемого явления. При испытаниях измерялись расходы рабочей воды и откачиваемого воздуха, давление рабочей воды перед водовпускным соплом, вакуум в смесительной камере, давление смеси в диффузоре, влажность воздуха в лаборатории и его температура, барометрическое давление и температура рабочей воды. Для исключения влияния веса рабочей струи на скорость ее движения, испытываемые модели устанавливались в горизонтальном положении. Температура рабочей воды в заборном бассейне поддерживалась постоянной, путем добавления свежей и удаления отработанной воды.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

I. Процесс смешивания водяной струи с отсасываемым воздухом.

Водяная струя, проходя через длинную смесительную камеру /порядка 270-340 мм/, значительно расширяется за счет смешивания с отсасываемым воздухом. Центральный угол расширения струи при средних вакуумах в смесительной камере достигает до 3°. Степень насыщения водяной струи отсасываемым воздухом в основном зависит от вакуума в смесительной камере, давления рабочей воды перед водовпускным соплом /скорости движения рабочей струи/, начального диаметра рабочей струи и длины смесительной камеры. При повышении вакуума в отсасываемой среде насыщение водяной струи воздухом значительно уменьшается и наоборот. При повышении вакуума от 200 до 500 мм рт.ст. насыщение струи уменьшалось в среднем в 1,45 раза, а на низких давлениях рабочей воды - в 1,65 раза. При повышении давления рабочей воды насыщение струи отсасываемым воздухом увеличивается почти с той же кратностью, например, при повышении давления от 1,0 до 2,0 ати насыщение увеличивалось в среднем в 1,75 раза. При увеличении начального диаметра рабочей струи от 22 до 29 мм насыщение ее отсасываемым воздухом увеличивалось на 5-8%. При удлинении смесительной камеры от 60 до 300 мм насыщение струи отсасываемым воздухом возрастало в среднем на 45%, а на высоких вакуумах до 69%.

Кроме этого на процесс смешивания водяной струи с отсасываемым воздухом в значительной мере влияла форма диффузора. В диффузоре с неправильной формой возникал возвратно-вихревой

поток, который двигался навстречу рабочей струе вдоль стенок аппарата. В большинстве случаев этот поток проникал в смесительную камеру почти до водовпускного сопла. Возвратный поток сталкивался с пограничным слоем рабочей струи и этим оказывал значительное сопротивление ее движению. Проникая в смесительную камеру возвратный поток заполнял ее пространство и этим препятствовал смешиванию рабочей струи с отсасываемым воздухом. Вместе с возвратным потоком водяных волн из диффузора в смесительную камеру проникал воздух, ранее откаченный из нее рабочей струей. Этим в значительной мере снижалась эффективность работы насоса. При повышении вакуума в отсасываемой среде возвратный поток в большей мере заполнял смесительную камеру. При увеличении давления рабочей воды перед водовпускным соплом до 2,0 ати смесительная камера не освобождалась от возвратного потока, т.к. вместо увлекаемых струей волн поступали другие с соответственно увеличивающейся скоростью движения.

2. Особенности работы диффузоров различных профилей.

При изучении работы диффузора главное внимание было уделено созданию такой его формы, которая не допускала бы образования возвратного потока и обеспечивала более свободное движение смеси через аппарат, т.к. от этого в значительной мере зависела эффективность его работы. С этой целью были изучены основные структурные изменения потока смеси сначала в прямой цилиндрической трубе, а затем в конусных диффузорах различных профилей.

На основании того, что насыщение водяной струи отсасываемым воздухом по мере увеличения ее начального диаметра не уменьшается, а, наоборот, заметно увеличивается, можно полагать, что в длинной смесительной камере отсасываемый воздух успевае-
 вникать не только в пограничный слой струи, но и в ее сердцевину. Основная масса отсасываемого воздуха поступает из смесительной камеры в диффузор единым потоком с рабочей водой, в виде водовоздушной струи, очевидно, с равномерным распределением воздуха по ее сечению. Следовательно, начальный участок диффузора и его горловину целесообразно делать по форме и размерам расширяющейся струи. Этот вывод полностью подтвердился нашими исследованиями. Спроектированный нами диффузор с наименьшим диаметром горловины равным диаметру расширившейся к концу смесительной камеры струи и с углом раскрытия конуса первого участка равному углу расширения рабочей струи оказался более рациональным, чем все испытанные диффузоры с другими профилями. Диффузоры с меньшими углами раскрытия конуса первых участков оказывали излишне большое сопротивление потоку смеси, а с большими углами конуса допускали образование возвратно-вихревого потока. При наличии большого сечения горловины вдоль ее стенок происходит возвратный поток из диффузора в смесительную камеру. Кроме диаметра наименьшего сечения горловины оказывался меньше диаметра струи, который она имела в конце смесительной камеры, то часть пограничного слоя струи отражалась от стенок горловины в смесительную камеру, что снижало эффективность работы аппарата. Последующие участки диффузора целесообразно делать с

постепенным увеличением их конусности. При резком увеличении угла раскрытия конуса возникает возвратно-вихревой поток, т.к. рабочий поток отрывается от стенок широкого конуса.

В диффузоре с профилем в виде прямой конусной трубы с центральными углами в 8° на всех исследованных режимах работы действовал возвратный поток преимущественно в его начальной и средней части. Конечная часть этого диффузора работала удовлетворительно. В диффузоре с центральными углами раскрытия конуса в $1^\circ 30'$, 3° , $6^\circ 30'$ и 14° , рассчитанном по опубликованным в литературе методам с общей длиной в 500 мм, на первом участке оказывалось излишнее сопротивление движению рабочего потока смеси с преждевременным ее сжатием, а на последнем участке / с углом конуса 14° / рабочий поток отрывался от стенок диффузора, вдоль которых действовал мощный возвратно-вихревой поток. Кроме этого в конце диффузора наблюдалось значительное разделение смеси на составляющие компоненты, особенно при работе аппарата на низких давлениях рабочей воды. При этом воздушные пузырьки выделялись из основного потока и сосредотачивались в верхней части диффузора, а нижняя его часть заполнялась потоком воды с малой концентрацией воздуха. Исследования этого явления показали, что разделение смеси на составляющие компоненты происходит в диффузоре любого профиля, если осредненная скорость рабочего потока в конце диффузора меньше 1,7 м/сек. Значительное разделение смеси снижает устойчивость работы и производительность водоструйного вакуум-насоса, т.к. выделяющийся в самостоятельный поток воздух стремится прорываться и часто прорывается из диффузора в смесь -

тельную камеру. Следовательно, в целях недопущения значительно
разделения потока смеси на составляющие компоненты, конечное сече-
ние диффузора необходимо рассчитывать на условия истечения с
его из аппарата со скоростью близкой или равной 1,7 м/сек.

Устойчивость работы водоструйного вакуумасоса в основном
зависела от вакуума в отсасываемой среде, давления рабочей воды,
формы и длины диффузора. На низких давлениях рабочей воды и вы-
соких вакуумах аппарат работал более устойчиво, чем на высоких
давлениях рабочей воды и низких вакуумах. Исследования показали
что для повышения устойчивости работы аппарата на низких вакуумах
и высоких давлениях рабочей воды, необходимо, длину диффузора уве-
личивать, а углы раскрытия конуса последних его участков умень-
шать. При длинной смесительной камере аппарат работал с большей
устойчивостью, чем при короткой на всех режимах его работы. При
рациональной форме и размерах диффузора водоструйный вакуум-
насос работал с достаточной устойчивостью без применения водо-
подпора, если не производилось резких изменений вакуума в отса-
сываемой среде или давления рабочей воды. Применение
водоподпора с небольшой глубиной заполнения конца диффузора /око-
ло 50 мм/ повышает устойчивость и незначительно увеличивает
сопротивление движению рабочего потока. Однако при нерациональ-
ной форме и длине диффузора устойчивость работы насоса на низ-
ких вакуумах в отсасываемой среде и высоких давлениях рабочей
воды нарушается даже в случае применения водоподпора. Для задан-
ных нами условий рациональная длина диффузора оказалась равной
600-620 мм.

Исследования работы диффузоров показали, что диффузор водо-
струйного вакуумасоса играет роль не только нагнетательной ка-

меры, но и отсасывающего насоса, если первый его участок сде-
лан по форме расширяющейся струи с диаметром горловины равном
диаметру рабочей струи в конце смесительной камеры. В начальной
части такого диффузора поддерживалась такая же вакуум, как и в
смесительной камере, т.е. в начале этого диффузора водоохлажда-
емая смесь не сжималась. При плавном увеличении угла раскрытия
конуса на последующих участках диффузора /для наших условий
от 3° до 8°/ сечение смеси на этих участках происходит с равно-
мерным прогрессивным возрастанием диаметра /по волнующей кривой/.
Средняя скорость рабочего потока смеси по длине такого диф-
фузора уменьшалась равномерно так же по волнующей кривой. Для
наших условий работы водоструйного вакуумасоса рациональным
оказался диффузор с центральными углами раскрытия конуса в 3°,
5° и 8° с сечением горловины в 2,2 - 2,25 раза большим сечением
начальной диаметра водной струи и с конечным сечением, со-
ответствующим излету смеси из аппарата с средней скоростью в
1,6-1,7 м/сек. Этот диффузор не допускал образования возвратно-
вихревого потока ни на одном участке и оказывал меньшее сопро-
тивление движению потока смеси, чем другие испытанные нами
диффузоры. В этом диффузоре наблюдалась почти прямолинейное дви-
жение потока смеси без значительного разложения ее на составля-
ющие компоненты в конце аппарата. Основная структура потока смеси
характеризовалась почти равномерным распределением воздушных
пузырьков по всему сечению.

3. Соотношение основных параметров.

Рациональное удлинение смесительной камеры в основном

зависит от соотношения между наименьшим сечением горловины диффузора и водовпускного сопла и *начальным* диаметром рабочей струи. Чем меньше отношение сечения горловины к сечению водовпускного сопла, тем меньше возможность удлинения смесительной камеры и тем меньше производительность насоса по воздуху. При увеличении этого отношения возможность рационального удлинения смесительной камеры увеличивается. При увеличении начального диаметра рабочей струи необходимо удлинение смесительной камеры сдвигается, и, наоборот. Для разных условий работы водоструйного вакуум-насоса более рациональным оказался отношение наименьшего сечения горловины диффузора к наименьшему сечению водовпускного сопла равное 2,2 - 2,3. При таком соотношении между упомянутыми сечениями рациональная длина смесительной камеры равняется: 270-280 мм для струи с начальным диаметром 29 мм, 290-300 мм для струи - 26 мм, 310-320 мм для струи - 24 мм и 330 мм для струи - 22 мм. При этих соотношениях сечений и длине смесительной камеры рабочая струя проходит через горловину диффузора свободно, не без зазора, через который мог бы проникнуть возвратный поток.

Рациональная длина смесительной камеры практически не зависит от давления нагнетателя рабочей воды и вакуума в отсасываемой среде по крайней мере в исследованных границах изменений этих величин /давления от 1,0 до 2,0 ат и вакуума от 200 до 500 мм рт. ст./.

Водоподпор так же не оказывал влияния на рациональное удлинение смесительной камеры.

Расход откачиваемого воздуха и рабочей воды в значительной мере зависит от вакуума в отсасываемой среде. При повышении вакуума от 200 до 500 мм рт. ст. с сохранением прочих одинаковых условий расход рабочей воды увеличивался в среднем на 10%.

и об"емный расход воздуха, учитываемого при его парциальном давлении в смесительной камере, уменьшался в среднем на 20%, а при низких давлениях рабочей воды до 35%.

Полученные данные опровергают предположение проф. Пфлейдерера и Рацига о том, что об"емная производительность водоструйного вакуум-насоса /по воздуху/ остается неизменной при изменении вакуума в отсасываемой среде. Установленное нами рациональное отношение наименьшего сечения горловины диффузора к наименьшему сечению водовпускного сопла /равное 2,25/ оказалось значительно ^{зем}большим, получаемым по методу Пфлейдерера /1,89-1,9/ и другим опубликованным в литературе методам.

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что существующие методы расчета водоструйных вакуум-насосов не дают возможности определения рациональных сечений диффузора, т.к. они построены на ряде необоснованных предположений и без учета длины главных частей аппарата.

4. Определение рациональных параметров.

Для определения основных параметров водоструйного вакуум-насоса в исследованных и подобных условиях нами разработана номограмма, на которой даны зависимости расходов откачиваемого воздуха и рабочей воды от его давления перед водовпускным соплом вакуума в отсасываемой среде и основных конструктивных параметров /наименьшего диаметра водовпускного сопла, площади сечения горловины диффузора и длины смесительной камеры/. На этой номограмме легко определяются перечисленные параметры при

заданном расходе откачиваемого воздуха или рабочей воды. Площадь конечного сечения диффузора W_d определяется по формуле:

$$W_d = \frac{Q_{р.в.} + Q_{в.}}{C_{ср}} \quad [M^2]$$

где: $Q_{р.в.}$ - расход рабочей воды в м³/сек;

$Q_{в.}$ - расход откачиваемого воздуха в м³/сек при атмосферном давлении и температуре рабочей воды;

$C_{ср.}$ - средняя скорость истечения смеси из диффузора в м/сек, равная 1,6 - 1,7 м/сек.

Длина диффузора для условий работы аппарата на средних вакуумах и давлениях рабочей воды перед входным соплом 1,0 - 2,0 атм может приниматься равной 600-650 мм. Больший предел относится к большему давлению рабочей воды. Профиль диффузора должен иметь переменную конусность с постепенным увеличением центрального угла раскрытия конуса от 3° до 8°. Практически можно разделить длину на три равных участка с центральными углами конуса 3°, 5° и 8°. Длина последнего участка уточняется по тангенсу угла конуса и диаметру конечного сечения диффузора.

5. Эффективность работы водоструйного вакуум-насоса.

Коэффициент полезного действия водоструйного вакуум-насоса определяется, как отношение секундной работы изотермического сжатия откачиваемого воздуха к мощности потока рабочей воды, которую он имеет при подходе к входному соплу. Коэффициент

полезного действия в значительной мере зависит от конструктивных параметров струйного аппарата, особенно от длины смешительной камеры, профиля и размеров диффузора. При удлинении смешительной камеры от 60 мм до рационального предела /в среднем до 300 мм/ для заданных нам условий КПД увеличивался в среднем в 1,4 раза, а в некоторых случаях в 1,6 раза. Это объясняется тем, что в длинной смешительной камере водяная струя значительно больше насыщается откачиваемым воздухом, чем в короткой. При улучшении профиля диффузора КПД увеличивается в основном за счет устранения возвратного потока.

При испытании последней экспериментальной модели, спроектированной на основании наших данных определения рациональных параметров водоструйного вакуум-насоса при условии его работы на средних вакуумах /350 мм рт. ст./ получены достаточно высокие КПД /19,6 - 23%/. Меньший предел относится к режимам работы аппарата при давлении рабочей воды 2,0 атм, а больший - 1,0 атм. Снижение КПД при повышении давления рабочей воды происходит потому, что при этом увеличивается энергопотребление отработавшего потока смеси, выходящего из аппарата с большей скоростью, чем при режимах работы на низких давлениях рабочей воды.



В В О Д И

В результате проведенной работы сделаны следующие выводы:

1. Процесс смешивания водяной струи с откачиваемым воздухом в основном завершается в смесительной камере, поэтому ее рациональная длина имеет решающее значение в повышении производительности аппарата по воздуху.

2. Водяная струя в длинной смесительной камере значительно расширяется за счет смешивания рабочей воды с откачиваемым воздухом. Центральный угол расширения струи достигает до 3° .

3. Объемная производительность водоструйного вакуум-насоса /по воздуху/ значительно изменяется при изменении вакуума в откачиваемой среде.

4. При удлинении смесительной камеры коэффициент полезного действия и производительность насоса сначала повышается, а затем падает, т.е. имеется рациональный предел удлинения смесительной камеры или ее рациональная длина.

5. Рациональная длина смесительной камеры зависит от начального диаметра рабочей струи и соотношения между наименьшими сечениями горловины диффузора и водовпускного сопла. При увеличении начального диаметра рабочей струи с сохранением одинакового соотношения между упомянутыми сечениями рациональная длина смесительной камеры уменьшается. При увеличении отношения наименьшего сечения горловины диффузора к наименьшему сечению водовпускного сопла рациональная длина увеличивается.

6. Рациональная длина смесительной камеры практически не

зависит от вакуума в откачиваемой среде и давления магнитоэлемента рабочей воды.

7. При повышении давления рабочей воды производительность водоструйного вакуум-насоса увеличивается, а КПД уменьшается.

8. Коэффициент полезного действия и производительность насоса зависят от начального диаметра струи. При увеличении начального диаметра струи КПД и производительность насоса увеличиваются и наоборот.

9. При повышении вакуума в откачиваемой среде до 350 мм рт. ст. КПД увеличивается. При дальнейшем повышении вакуума КПД уменьшается.

10. Диффузор с излишне большим центральным углом раскрытия конуса допускает действие возвратного потока у его стенок. При слишком большом отношении наименьшего сечения горловины диффузора к начальному диаметру рабочей струи возвратный поток проникает в смесительную камеру.

11. Возвратный поток оказывает сопротивление движению рабочего потока и препятствует смешиванию струи с откачиваемым воздухом.

12. Диффузор с излишне малым углом раскрытия конуса увеличивает сопротивление движению рабочего потока.

13. Рациональной формой первого участка диффузора является форма, соответствующая профилю расширяющейся рабочей струи внутри смесительной камеры. Такой профиль диффузора обеспечивает свободный проход струи и препятствует возникновению возвратного потока.

14. Равномерное сжатие рабочего потока и предотвращение образования возвратного потока достигается тем, что второй и третий участки диффузора выполняются с центральными углами раскрытия конуса в 5° и 8° .

15. Наименьшее сечение диффузора /сечение горловины/ зависит от начального диаметра рабочей струи /наименьшего сечения водовпускного сопла/. Рациональное соотношение этих сечений колеблется в пределах 2,2 - 2,3. Такое соотношение обеспечивает свободный проход рабочей струи без завора, через который мог бы проникать возвратный поток смеси или воздуха.

16. Конечное сечение диффузора целесообразно определять из условия истечения смеси из аппарата без значительного разделения ее на составляющие компоненты. При разделении потока смеси на составляющие компоненты в конце диффузора устойчивость работы аппарата снижается.

17. При средней скорости истечения обрабатываемого потока равной 1,7 м/сек и больше значительного разделения смеси на составляющие компоненты не происходит.

18. Водоструйный вакуум-насос с удлиненной до рационального предела смесительной камерой и диффузором с центральными углами раскрытия конуса в 3° , 5° и 8° при сечении горловины в 2,25 раза большем сечения водовпускного сопла обеспечивает значительно большую эффективность работы /в 1,6- 1,8 раза/, чем подобные аппараты ранее известных конструкций.

19. Определение основных параметров водоструйного вакуум-насоса целесообразно производить предложенным способом.

20. Условия горных пастбищ позволяют широко применять разработанный способ механизации доения коров с незначительными затратами на монтаж и обслуживание доильных установок.

ЛДЗ4922. Подп. к печати 16.11.1961 г. т.100, в.257, об'ем I л.д.

Стекл. МОММАНТ.