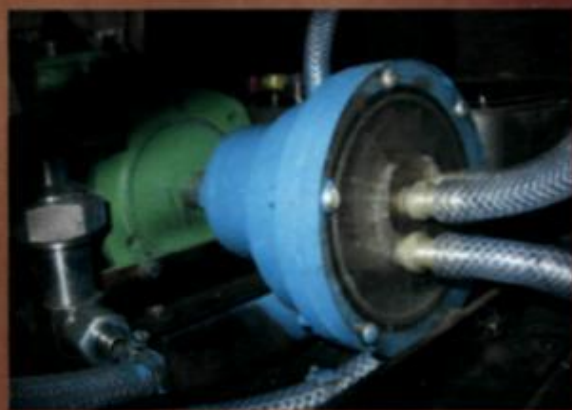


Зиганшин Б.Г., Хисметов Н.З., Ситдииков Ф.Ф., Гайнутдинов Р.Р.

Современная техника для машинного доения

Часть 2



КАЗАНЬ - 2015

Зиганшин Б. Г., Хисметов Н. З., Ситдиков Ф. Ф., Гайнутдинов Р. Р.

СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНИКА ДЛЯ МАШИННОГО ДОЕНИЯ

**КАЗАНЬ
2015**

УДК 631.22.01
ББК 40.715
С 56

Печатается по рекомендации Ученого Совета
Института механизации и технического сервиса

Рецензент:

Шамсутдинов Марсель Назипович – консультант ЗАО «ДеЛаваль»

Зиганшин Б. Г., Хисметов Н. З., Ситдилов Ф. Ф., Гайнутдинов Р. Р.
С 56 Современная техника для машинного доения. Ч. 2 – Казань: Казан. гос. аграрн. ун-т, 2015. – 308 с.

В монографии приведен анализ развития машинного доения, а также обзор классификации передвижных и стационарных доильных установок и агрегатов, вакуумных насосов.

На основании результатов теоретических и экспериментальных исследований приведены: графоаналитический метод теплового расчета водокольцевого вакуумного насоса, аналитический метод определения момента сопротивления роторов шестеренчатого вакуумного насоса, способы повышения надежности машинного доения коров, расчеты конструктивных и технологических параметров вакуумных насосов, их технико-экономическая и энергетическая эффективность.

Монография предназначена для научных и инженерно-технических работников, а также студентов магистрантов и аспирантов, обучающихся по направлению «Агроинженерия».

УДК 631.22.01

ББК 40.715

С 56

ISBN: 978-5-905201-14-1

© Зиганшин Б. Г., Хисметов Н. З.,
Ситдилов Ф. Ф., Гайнутдинов Р. Р.
© Казанский государственный
аграрный университет, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| РАЗДЕЛ 1 – ДВУХРОТОРНЫЙ ШЕСТЕРЕНЧАТЫЙ ВАКУУМНЫЙ НАСОС | 5 |
| ВВЕДЕНИЕ | 6 |
| 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ | 8 |
| 1.1 Анализ развития машинного доения | 8 |
| 1.2 Анализ эффективности функционирования вакуумной системы доильных установок | 14 |
| 1.3 Обзор объемных вакуумных насосов, компрессоров и воздуходувок | 20 |
| 1.4 Анализ основных теоретических и экспериментальных зависимостей для расчета шестеренчатого вакуумного насоса | 24 |
| 1.4.1 Анализ расхода и производительности шестеренчатых машин ... | 24 |
| 1.4.2 Анализ момента и мощности шестеренчатых машин | 29 |
| 1.5 Цель и задачи исследований | 34 |
| 2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВАКУУМНОЙ СИСТЕМЫ ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ БЛОЧНО-МОДУЛЬНОГО ТИПА | 36 |
| 2.1 Построение схемы источника вакуума доильной установки блочно-модульного типа | 36 |
| 2.2 Изыскание и анализ способов повышения надежности машинного доения | 40 |
| 2.3 Определение и обоснование производительности шестеренчатого вакуумного насоса | 45 |
| 2.4 Обоснование параметров нагнетательных окон шестеренчатого вакуумного насоса | 49 |
| 2.5 Аналитический метод определения момента сопротивления каждого ротора шестеренчатого вакуумного насоса. Обоснование момента инерции роторов | 52 |
| 3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ | 60 |
| 3.1 Программа экспериментальных исследований | 60 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2 Описание опытного шестеренчатого насоса и экспериментального стенда..... | 60 |
| 3.3 Измерительная аппаратура и общая методика измерения параметров вакуумного насоса..... | 65 |
| 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ | 69 |
| 4.1 Влияние величины вакуума (H), площади нагнетательного окна (S) и расхода охлаждающей жидкости (q) на потребляемую мощность насоса | 69 |
| 4.2 Влияние величины вакуума (H), расхода охлаждающей жидкости (q) и площади нагнетательного окна (S) на производительность насоса (Q)..... | 72 |
| 4.3 Влияние технологических параметров на температуру нагнетаемого газа | 74 |
| 4.4 Влияние величины вакуума и вредного объема на температуру газа (T_v), производительность насоса (Q), коэффициент наполнения (η_v) и удельную мощность (q_H) при различных зазорах..... | 77 |
| 5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВАКУУМНОГО ШЕСТЕРЕНЧАТОГО НАСОСА..... | 80 |
| ОБЩИЕ ВЫВОДЫ..... | 83 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ!..... | 85 |
| | |
| РАЗДЕЛ 2 – ВОДОКОЛЬЦЕВОЙ ВАКУУМНЫЙ НАСОС..... | 95 |
| ВВЕДЕНИЕ | 96 |
| 1 ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ДИОИЛЬНЫХ МАШИН И ВАКУУМНОЙ ТЕХНИКИ..... | 98 |
| 1.1 Анализ развития доильных машин и вакуумной техники..... | 98 |
| 1.2 Основные требования, предъявляемые к доильным установкам и агрегатам | 107 |
| 1.3 Анализ существующих конструкций вакуумных насосов | 111 |

| | |
|---|------------|
| 1.4 Цель и задачи исследований | 117 |
| 2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ВОДОКОЛЬЦЕВОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА..... | 118 |
| 2.1 Теоретические предпосылки при разработке водокольцевого вакуумного насоса..... | 118 |
| 2.2 Анализ расчета конструктивных параметров водокольцевого вакуумного насоса малой мощности для доильных установок | 125 |
| 2.3 Стабилизация вакуума в вакуумной системе доильных установок..... | 127 |
| 2.4 Графоаналитический метод теплового расчета водокольцевого вакуумного насоса с рециркуляцией рабочей жидкости | 130 |
| 2.5 Тепловой режим водокольцевого вакуумного насоса с рециркуля- цией рабочей жидкости | 133 |
| 2.6 Способы повышения надежности машинного доения коров | 139 |
| 3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОДОКОЛЬЦЕВОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА МАЛОГАБАРИТНОГО ДОИЛЬНОГО АГРЕГАТА..... | 143 |
| 3.1 Программа экспериментальных исследований..... | 143 |
| 3.2. Экспериментальный стенд для исследования водокольцевого вакуумного насоса..... | 143 |
| 3.3 Методика измерения подачи водокольцевого вакуумного насоса | 148 |
| 3.4 Планирование эксперимента по исследованию водокольцевого вакуумного насоса малогабаритного доильного агрегата | 149 |
| 3.5 Определение уровня шума малогабаритного доильного агрегата..... | 150 |
| 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОДОКОЛЬЦЕВОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА МАЛОГАБАРИТНОГО ДОИЛЬНОГО АГРЕГАТА | 154 |
| 4.1 Влияние времени работы, расхода рабочей жидкости и величины вакуума на подачу водокольцевого вакуумного насоса | 154 |
| 4.2 Влияние температурного режима на подачу водокольцевого вакуумного насоса при различных значениях вакуума | 158 |
| 4.3 Влияние величины вакуума на температурный режим водокольцевого вакуумного насоса | 159 |

| | |
|---|------------|
| 4.3.1 Зависимость температурного режима от времени работы водокольцевого вакуумного насоса..... | 160 |
| 4.4 Зависимость потребной мощности водокольцевого вакуумного насоса от величины вакуума и расхода рабочей жидкости..... | 161 |
| 4.5 Результаты экспериментальных исследований по определению уровня шума малогабаритного доильного агрегата ДМФ-1 | 162 |
| 4.6 Конструкция и описание работы малогабаритного доильного агрегата ДМФ-1 | 163 |
| 5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МАЛОГАБАРИТНОГО ДОИЛЬНОГО АГРЕГАТА..... | 169 |
| 5.1 Энергетический расчет и сравнение разработанного малогабаритного доильного агрегата (ДМФ-1) для доения коров с базовой доильной установкой УДП-1..... | 169 |
| 5.2 Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции и их сравнение с базовой доильной установкой УДП-1 | 170 |
| ОБЩИЕ ВЫВОДЫ..... | 172 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | 174 |
| РАЗДЕЛ 3 – ДВУХРОТОРНЫЙ ВАКУУМНЫЙ НАСОС | 185 |
| ВВЕДЕНИЕ..... | 186 |
| 1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ВАКУУМНОЙ ОТКАЧКИ ДОИЛЬНЫХ УСТАНОВОК | 193 |
| 1.1 Области применения вакуумной техники и классификация вакуумных насосов..... | 194 |
| 1.2 Анализ конструкций современных вакуумных насосов для доильных установок..... | 197 |
| 1.3 Критерии эффективности вакуумных насосов доильных установок | 204 |
| 1.4 Пути повышения энергетической эффективности вакуумных установок..... | 208 |

| | |
|--|------------|
| 1.4.1 Новые технические решения для вакуумных насосов доильных установок | 209 |
| 1.4.1.1 Двухроторный шестеренчатый вакуумный насос | 209 |
| 1.4.1.2 Вакуумный насос с торцевыми уплотнениями | 210 |
| 1.4.1.3 Вакуумный насос с циклоидальным профилем роторов | 212 |
| 1.4.1.4 Двухроторный двузубый вакуумный насос | 213 |
| 1.4.1.5 Водокольцевой вакуумный насос | 214 |
| 1.4.1.6 Двухроторный шестеренчатый вакуумный насос | 215 |
| 1.4.2 Регулирование быстроты откачки вакуумных насосов | 217 |
| 1.5 Стабильность вакуумного режима при машинном доении | 219 |
| 2 ОСНОВЫ ТЕОРИИ И РАСЧЕТА КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДВУХРОТОРНОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА | 221 |
| 2.1 Анализ теоретических изысканий в области производительности шестеренчатых насосов | 221 |
| 2.2 Анализ теоретических изысканий в области потребляемой мощности и момента сопротивления шестеренчатых насосов | 226 |
| 2.3 Анализ результатов теоретических исследований работы шестеренчатых вакуумных насосов | 233 |
| 2.3.1 Определение теоретической мощности шестеренчатых вакуумных насосов | 233 |
| 2.3.2 Определение теоретической подачи шестеренчатых вакуумных насосов | 237 |
| 2.4 Выводы по разделу | 243 |
| 3 МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ВАКУУМНЫХ НАСОСОВ | 244 |
| 3.1 Программа экспериментальных исследований | 244 |
| 3.2 Устройство и принцип работы экспериментального двухроторного вакуумного насоса | 244 |
| 3.3 Экспериментальный стенд для исследований двухроторного вакуумного насоса | 245 |
| 3.4 Измерительная аппаратура и методика измерения | 248 |
| 3.4.1 Методика измерения подачи с помощью сопла Лавала | 248 |
| 3.4.2 Методика измерения потребной мощности | 250 |

| | | |
|-------|--|------------|
| 3.4.3 | Методика измерения давления..... | 250 |
| 3.4.4 | Методика измерения частоты вращения..... | 251 |
| 3.4.5 | Методика измерения температуры нагрева корпуса и газа..... | 252 |
| 3.4.6 | Методика измерения уровня шума..... | 252 |
| 3.5 | Планирование эксперимента по исследованию двухроторного вакуумного насоса..... | 254 |
| 3.6 | Методика статистической обработки результатов экспериментальных исследований и определение погрешности измерений..... | 256 |
| 3.7 | Выводы по разделу..... | 257 |
| 4 | АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ..... | 258 |
| 4.1 | Анализ экспериментальных исследований влияния конструктивных и технологических параметров шестеренчатых насосов на подачу насоса.... | 258 |
| 4.2 | Анализ экспериментальных исследований влияния конструктивно-технологических параметров шестеренчатых вакуумных насосов на потребную мощность насоса..... | 262 |
| 4.3 | Выводы по разделу..... | 265 |
| 5 | ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДВУХРОТОРНОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА..... | 266 |
| 5.1 | Энергетическая оценка и сравнение опытного двухроторного вакуумного насоса с базовым вакуумным насосом ВVP-140 (Vou-matic)..... | 266 |
| 5.2 | Технико-экономическая оценка эффективности двухроторного вакуумного насоса..... | 269 |
| | ОБЩИЕ ВЫВОДЫ..... | 274 |
| | СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | 275 |
| | ПРИЛОЖЕНИЯ..... | 289 |