

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.Я. ГОРИНА

**ТЕОРИЯ И РАСЧЕТ АДАПТИВНОГО
ДОИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА
(МОНОГРАФИЯ)**

Москва; Белгород



2020

УДК 637.116:636.2.034
ББК 40.729.2:46.0
Т33

Рецензент: кандидат технических наук, доцент кафедры технической механики и конструирования машин **А.С. Колесников** (ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ)

Т33 Теория и расчет адаптивного доильного оборудования для крупного рогатого скота (монография) / В.Ф. Ужик, О.В. Китаева, Чехунов О.А., Макаренко А.Н., Рыжков А.В., Мачкарин А.В., Казаков К.В., Мартынов Е.А., Китаев Ю.А. – Москва; Белгород: ООО ИКЦ «Колос-с», 2020. – 520 с.: ил.

В монографии изложены результаты исследований по созданию адаптивного доильного оборудования для крупного рогатого скота. Эти материалы могут быть полезны для научных организаций и научных работников, преподавателей и аспирантов, занимающихся созданием аналогичных устройств, а также для студентов, изучающих соответствующие разделы курса «Механизация животноводства».

ISBN 978-5-00129-159-6

УДК 637.116:636.2.034
ББК 40.729.2:46.0

ISBN 978-5-00129-159-6

© Коллектив авторов, 2020
© ООО ИКЦ «Колос-с», 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

стр.

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1. РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ МОБИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ДОЕНИЯ КОРОВ.....	5
1.1. Анализ агрегатов индивидуального доения коров.....	5
1.2. Разработка технологии и агрегата индивидуального доения коров и выпаивания телят со шланговым насосом.....	11
<i>1.2.1. Разработка компоновочной схемы агрегата со шланговым насосом.....</i>	<i>11</i>
<i>1.2.2. Теория рабочего процесса агрегата индивидуального доения коров.....</i>	<i>17</i>
1.2.2.1. Обоснование частоты вращения ротора насоса.....	17
1.2.2.2. Обоснование конструктивных параметров насоса.....	23
1.2.2.3. Определение потребной мощности шлангового насоса..	24
<i>1.2.3. Экспериментальные исследования агрегата индивидуального доения коров со шланговым насосом.....</i>	<i>28</i>
1.3. Разработка конструкции мобильного агрегата с манипулятором доения коров.....	41
<i>1.3.1. Разработка компоновочной схемы агрегата с манипулятором доения коров.....</i>	<i>41</i>
<i>1.3.2. Теория рабочего процесса мобильного агрегата с манипулятором доения коров.....</i>	<i>49</i>
1.3.2.1. Теоретическое обоснование устойчивости мобильного агрегата с манипулятором доения коров.....	49
1.3.2.2. Расчет результирующей силы, возникающей при снятии доильного аппарата с вымени коровы.....	60
<i>1.3.3. Результаты исследований мобильного агрегата с манипулятором доения коров.....</i>	<i>74</i>
1.3.3.1. Результаты определения сил, действующих на опоры мобильного агрегата с манипулятором доения коров в зависимости от угла поворота многозвенника манипулятора.....	74
1.3.3.2. Результаты исследований результирующей силы, возникающей при снятии доильного аппарата с вымени коровы.	76
<i>1.3.4. Методика инженерного расчета манипулятора доения коров мобильного агрегата.....</i>	<i>76</i>
ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ АДАПТИВНЫХ ДОИЛЬНЫХ АППАРАТОВ	78
2.1. Анализ проблемы исследований и механизации доения коров	78
2.1.1. <i>Состояние проблемы исследований доения коров переносными доильными аппаратами с управляемым режимом доения</i>	<i>78</i>
2.1.2. <i>Классификация и анализ переносных доильных аппаратов</i>	<i>85</i>

<i>с управляемым режимом доения.....</i>	
2.2. Разработка и обоснование конструктивно-режимных параметров доильного аппарата с почетвертным управлением режимом доения и поплавковыми датчиками потока молока	100
<i>2.2.1. Расчет конструктивно-режимных параметров доильного аппарата с поплавковыми датчиками потока молока</i>	<i>100</i>
2.3. Разработка и обоснование конструктивно режимных параметров доильного аппарата с почетвертным управлением режимом доения и датчиком потока молока в виде рабочего колеса	109
<i>2.3.1. Разработка компоновочной схемы доильного аппарата с почетвертным управлением режимом доения и датчиком потока молока в виде рабочего колеса</i>	<i>109</i>
<i>2.3.2. Теория рабочего процесса доильного аппарата с почетвертным управлением режимом доения и датчиком потока молока в виде рабочего колеса</i>	<i>113</i>
2.3.2.1. Расчет крутящего момента рабочего колеса коллектора доильного аппарата	113
2.3.2.2. Расчет силы давления жидкости на лопасть рабочего колеса коллектора доильного аппарата	114
2.3.2.3. Расчет профиля игольчатого клапана камеры управления коллектора доильного аппарата	118
<i>2.3.3. Экспериментальные исследования доильного аппарата с почетвертным управлением режимом доения и датчиком потока молока в виде рабочего колеса</i>	<i>121</i>
2.3.3.1. Результаты исследований необходимого крутящего момента рабочего колеса	122
2.3.3.2. Результаты исследований силы воздействия жидкости на лопасть рабочего колеса коллектора доильного аппарата в зависимости от интенсивности молоковыведения и напора жидкости	123
2.3.3.3. Результаты исследований изменения давления в зависимости от высоты подъема клапана рабочего колеса коллектора доильного аппарата	124
2.3.3.4. К определению конструктивно-режимных параметров механизма управления режим доения доильного аппарата	125
2.4. Обоснование конструктивно-режимных параметров доильного аппарата с биметаллическим датчиком потока молока.....	127
<i>2.4.1. Разработка конструктивной схемы доильного аппарата с управляемым режимом доения</i>	<i>127</i>
<i>2.4.2. Теоретическое обоснование конструктивно-режимных параметров доильного аппарата</i>	<i>132</i>
2.4.2.1 Теория рабочего процесса и обоснование конструктивных параметров клапана камеры управления	132
2.4.2.2. Определение высоты открытия клапана камеры управления	137

2.4.2.3. Определение силы закрытия клапана камеры управления.....	139
2.4.2.4. Определение конструктивных параметров биметаллического элемента	142
2.4.2.5. Определение времени срабатывания биметаллического датчика потока молока	146
2.4.3. Результаты экспериментальных исследований доильного аппарата с биметаллическим датчиком потока молока	148
2.4.3.1 Результаты исследований изменения вакуумметрического давления в камере управления	148
2.4.3.2. Результаты исследований зависимости расхода воздуха через калиброванное отверстие клапана камеры управления от перепада давления на нем	150
2.4.3.3. Результаты исследований перемещения клапана камеры управления в зависимости от температуры молока, длины и толщины биметаллического элемента	152
2.4.3.4. Результаты исследований по определению силы, развиваемой биметаллическим элементом, в зависимости от его температуры и конструктивных параметров	154
2.4.3.5. Результаты исследований определения времени срабатывания биметаллического элемента датчика потока молока в зависимости от его конструктивных параметров	155
2.4.3.6. Результаты исследований по оптимизации конструктивных параметров доильного аппарата с управляемым режимом доения	157
2.4.3.7. Методика инженерного расчета конструктивно-режимных параметров доильного аппарата с управляемым режимом доения	163
2.5. Обоснование конструктивно-режимных параметров доильного аппарата с мембранно-клапанным датчиком потока молока.....	166
2.5.1. Разработка конструктивной схемы доильного аппарата с мембранно-клапанным датчиком потока молока.....	166
2.5.2. Теоретическое обоснование конструктивно-режимных параметров доильного аппарата.....	172
2.5.3. Экспериментальные исследования доильного аппарата ...	178
2.5.4. Результаты исследований	179
2.5.4.1. Результаты исследований зависимости вакуумметрического давления доения от изменения давления в управляющей камере	179
2.5.4.2. Результаты исследований по определению пропускной способности конусного клапана экспериментального доильного аппарата	180
2.6. Обоснование конструктивно-технологической схемы и основных параметров доильного аппарата с однокамерными доильными стаканами	185

2.6.1. Разработка конструктивно-технологической схемы доильного аппарата с однокамерными доильными стаканами	185
2.6.2. Теоретическое обоснование доильного аппарата с однокамерными доильными стаканами	191
2.5.2.1. Определение значения вакуумметрического давления, необходимого для удержания подвесной части доильного аппарата стаканами на сосках вымени	191
2.5.2.2. Теоретическое обоснование конструктивно-режимных параметров пневмоклапана	197
2.6.2.3. Расчет коллектора доильного аппарата	200
2.6.3. Результаты экспериментальных исследований доильного аппарата с однокамерными доильными стаканами	206
2.6.3.1. Результаты исследований морфологических параметров сосков вымени животных	206
2.6.3.2. Результаты исследований по определению зависимости диаметра соска от величины разрежения в подсосковом пространстве доильного стакана	207
2.6.3.3. Результаты исследований по определению зависимости усилия воздействия соска на жесткую стенку однокамерного доильного стакана от величины разрежения в подсосковом пространстве	210
2.6.3.4. Результаты исследований по определению вакуумметрического давления необходимого для удержания подвесной части доильного аппарата	214
....	
2.6.3.5. Результаты исследований по определению времени достижения заданного вакуумметрического давления в рабочей камере пневмоклапана от диаметра впускного отверстия	215
2.6.3.6. Результаты исследований по оптимизации конструктивно-режимных параметров доильного аппарата с однокамерными доильными стаканами	216
2.7. Обоснование конструктивно-технологической схемы и основных параметров доильного аппарата выжимающего принципа действия	218
2.7.1. Состояние вопроса исследований доильных аппаратов выжимающего принципа действия	218
2.7.2. Классификация и анализ доильных аппаратов выжимающего принципа действия	221
2.7.3. Разработка компоновочной схемы доильного аппарата выжимающего принципа действия	234
2.7.4. Теория рабочего процесса механизма сжатия соска в доильном стакане	240
2.7.4.1. Расчет силы прижатия лепестков	240
2.7.4.2. Теоретическое обоснование давления лепестка на сосок	242

2.7.4.3. Расчет диаметра поршня пневмоцилиндра механизма вращения кольца	249
2.7.4.3. Расчет механизма привода лепестка	251
2.7.5. Экспериментальные исследования доильного аппарата выжимающего принципа действия	252
2.7.5.1. Результаты исследований по определению зависимости давления лепестков на сосковую резину от величины ее натяжения и контактного давления	254
2.7.5.2. Результаты исследований по определению зависимости усилия воздействия деформаторов механизма сжатия на сосковую резину от величины ее прогиба и натяжения	255
2.7.5.3. Результаты исследований по определению зависимости величины движущей силы лепестков от конструктивных параметров механизма сжатия	256
2.7.5.4. Результаты исследований по оптимизации конструктивно-режимных параметров доильного стакана	258

Глава 3. РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕНОСНЫХ АДАПТИВНЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ ДОЕНИЯ КОРОВ

3.1. Состояние вопроса исследований и механизации заключительных операций машинного доения коров	262
3.1.1. Состояние исследований средств механизации заключительных операций машинного доения коров.....	265
3.1.2. Классификация и анализ средств автоматизации снятия доильных аппаратов с вымени коров	268
3.2. Теоретические исследования рабочего процесса переносного адаптивного манипулятора доения коров с автономным источником питания	278
3.2.1. Обоснование конструктивно-технологической схемы адаптивного манипулятора доения коров с автономным источником питания	278
3.2.2. Теоретическое обоснование конструктивно-режимных параметров доильного аппарата	290
3.2.2.1. Теоретическое обоснование конструктивно-режимных параметров регулятора вакуумметрического давления доильного стакана	290
3.2.2.2. Теоретические исследования рабочего процесса гидростабилизированного пульсатора	301
3.2.3. Результаты экспериментальных исследований переносного адаптивного манипулятора доения коров с автономным источником питания	313
3.2.3.1. Результаты исследований интенсивности молоковыделения	313
3.2.3.2. Результаты исследований по определению характера	315

зависимости вакуумметрического давления в подсосковой камере доильного стакана от конструктивных параметров регулятора вакуумметрического давления и давления в камере управления	
3.2.3.3. Результаты исследований по определению длительности переходных режимов в камере управления регулятора вакуумметрического давления доильного стакана.....	317
3.2.3.4. Результаты исследований по определению усилия открытия клапана	319
3.2.3.5. Результаты исследований по определению усилия на трубке двухполупериодного пульсатора в зависимости от его конструктивно-режимных параметров.....	321
3.2.3.6. Результаты исследований по определению необходимого перепада давления на мембране для обеспечения заданного перемещения ее жесткого центра	322
3.2.3.7. Результаты исследований по определению перепада давления на мембране в зависимости от нагрузки электрогенератора	323
3.2.3.8. Результаты исследований по определению перепада давления на мембране в зависимости от сопротивления коммутатора вакуумметрического давления пульсатора	325
3.2.3.9. Результаты исследований по определению перепада давления на мембране пульсатора с учетом потерь на преодоление сил трения коммутатора и привод электрогенератора ..	326
3.2.3.10. Результаты исследований по оптимизации конструктивных параметров пульсатора	331
3.3. Обоснование конструктивно-режимных параметров переносного манипулятора доения коров с управляемым режимом доения	332
3.3.1. Разработка конструктивно-технологической схемы переносного манипулятора доения коров.....	332
3.3.2. Теория устройства переносного манипулятора доения коров	337
3.3.2.1. Теоретическое обоснование конструктивно-режимных параметров регулирующей трубки	337
3.3.2.2. Теоретическое обоснование конструктивно-режимных параметров регулятора вакуумметрического давления доильного стакана	342
3.3.2.3. Расчет калиброванного отверстия с подпружиненным клапаном атмосферной камеры регулятора давления	350
3.3.3. Результаты экспериментальных исследований переносного манипулятора доения коров	353
3.3.3.1 Результаты исследований по определению интенсивности молокоотдачи по долям вымени	353

3.3.3.2. Результаты исследований по определению величины прогиба соскового чулка	355
3.3.3.3. Результаты исследований зависимости вакуумметрического давления в подсосковой камере от вакуумметрического давления в межстенной камере для различных диаметров трубок при подаче молока	356
3.3.3.4. Результаты исследований зависимости вакуумметрического давления в межстенной камере от вакуумметрического давления в камере управления регулятора для различных диаметров трубок	358
3.3.3.5. Результаты исследований зависимости вакуумметрического давления в подсосковой камере от вакуумметрического давления в камере управления регулятора для различных диаметров трубки при подаче молока	359
3.3.3.6. Результаты исследований зависимости интенсивности молоковыведения из подсосковой камеры от диаметра регулирующей трубки	361
3.3.3.7. Результаты исследований зависимости перепада давления момента открытия клапана от диаметра отверстия и числа витков пружины	362
3.3.3.8. Результаты исследований зависимость расхода воздуха от диаметра калиброванного отверстия и числа витков пружины	363
3.3.3.9. Результаты исследований зависимости вакуумметрического давления в подсосковой камере от диаметра калиброванного отверстия	366
3.3.3.10. Результаты исследований по определению характера изменения давления в межстенной камере во времени при переключении режимов доения «сосания» и «сжатия» в зависимости от диаметра патрубков	367
3.3.3.11. Результаты исследований зависимости вакуумметрического давления в камере управления от диаметра калиброванного отверстия патрубков и диаметра калиброванного отверстия пневмоэлектрклапана	369
3.3.3.12. Результаты исследований по оптимизации конструктивно-режимных параметров доильного аппарата переносного манипулятора	371
3.4. Разработка и обоснование конструктивно-режимных параметров адаптивного манипулятора доения коров с импульсным режимом дооя	372
3.4.1. Разработка конструктивно-технологической схемы адаптивного манипулятора доения коров с импульсным режимом дооя	372
3.4.1.1. Разработка блок-схемы переносного манипулятора	372
3.4.1.2. Разработка компоновочной схемы переносного манипулятора	374

лятора для линейных доильных установок	
3.4.2. Теория рабочего процесса адаптивного манипулятора доения коров с импульсным оттягиванием доильных стаканов	385
3.4.2.1. Теоретическое обоснование конструктивно-режимных параметров механизма снятия доильных аппаратов	386
3.4.2.2. Теоретическое обоснование конструктивно-режимных параметров механизма оттягивания доильных стаканов	396
3.4.3. Результаты исследований	402
3.4.3.1. Результаты исследований по определению усилия в пневмоцилиндре при снятии доильного аппарата с вымени	402
3.4.3.2. Результаты исследований по определению времени откачки воздуха из пневмоцилиндра механизма снятия в зависимости от начального давления в нем	403
3.4.3.3. Результаты исследований по определению усилия закрытия клапана доильного аппарата	404
3.4.3.4. Результаты исследований по определению усилия механизма оттягивания доильных стаканов в режиме додоя	405
3.4.3.5. Результаты исследований по определению длительности переходных режимов в пневмоцилиндре механизма оттягивания доильных стаканов в режиме додоя	406
3.4.3.6. Методика инженерного расчета переносного манипулятора	407

Глава 4. РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ МАШИННОГО ДОЕНИЯ КОРОВ

4.1 Состояние проблемы исследований конструктивно - режимных параметров автоматизированных доильных установок для доения коров	410
4.2. Классификация и анализ конструктивно режимных операций использования автоматизированных доильных установок для доения коров	419
4.3. Теоретическое обоснование конструктивно-технологических параметров гидравлического контура молокопроводной линии роботизированной доильной установки	429
4.3.1. Разработка конструктивной схемы автоматизированной доильной установки	429
4.3.2. Теоретические исследования гидравлического контура доильного аппарата	434
4.3.2.1 Общие определения к расчету потерь давления.....	434
4.3.2.2 Потери давления на участке I доильный стакан – молочная трубка	440
4.3.2.3. Потери давления на участке II коллектор – молочный шланг	442

4.3.2.4. Потери давления на участке III молокопровод – резервуар	442
4.3.2.5. Расчет калиброванного отверстия с подпружиненным клапаном соскового чулка	444
4.3.2.6. Расчет потерь давления в гидравлическом контуре безколлекторного доильного аппарата автоматизированной доильной установки	447
4.3.2.7 Потери давления на участке I доильный стакан – молочная трубка	448
4.3.2.8. Потери давления на участке II молочный шланг – молочная трубка	449
4.3.2.9. Потери давления на участке III молочный шланг – резервуар.....	450
4.3.2.10. Расчет калиброванного отверстия с подпружиненным клапаном соскового чулка безколлекторного доильного аппарата для автоматизированной доильной установки.....	452
4.3.3. Результаты экспериментальных исследований гидравлического контура молокопроводной линии роботизированной доильной установки	453
4.3.3.1. Результаты исследований по определению зависимости расхода воздуха через калиброванное отверстие при постоянном перепаде давления	453
4.3.3.2.Результаты исследований по определению зависимости расхода воздуха через калиброванное отверстие при работе установки	455
4.3.3.3.Результаты исследований по определению распределения давления по гидравлическому контуру в зависимости от суммарного расхода воздуха для различных стадий доения.....	456
4.3.3.4.Результаты исследований по определению распределения давления по гидравлическому контуру в зависимости от диаметра молокопроводной линии доильной установки	464
4.3.3.5.Результаты исследований по определению распределения давления в гидравлическом контуре в зависимости от массового расхода молока	467
4.3.3.6.Результаты исследований по оптимизации конструктивно-режимных параметров гидравлического контура доильной установки	470
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	474
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	475