

УДК 631.3.02(075.8)
ББК 40.72я73
Л 33

Учебное пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины, рассмотрено и рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, протокол № 2 от 28.04.2021 г.

Рецензент:

И. А. Дерюшев – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой
«Тракторы и сельскохозяйственные машины»
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

Автор:

Л. Я. Лебедев – к.т.н., профессор кафедры
«Теоретическая механика и сопротивление материалов»
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

Лебедев, Л. Я.

Л 33

Проектирование, моделирование и конструирование в АПК:
учебное пособие / Л. Я. Лебедев. – 2-е изд., перераб. и доп. –
Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. – 279 с.

В пособии рассмотрены методы проектирования и конструирования изделий, механических передач для сельскохозяйственного машиностроения. При моделировании используется трехмерная графика и печать, которые входят в техническое задание на разработку современных деталей. Приведены расчеты ременной, цепной, цилиндрической, червячной передач. Рассмотрены соединения с натягом, резьбовые, шпоночные и сварные. Приведены расчеты основных механизмов грузоподъемных и транспортирующих машин.

УДК 631.3.02(075.8)
ББК 40.72я73

© ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021
© Лебедев Л. Я., 2021

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 8 |
| РАЗДЕЛ 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ, КОНСТРУИРОВАНИЕ И 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ В АГРОИНЖЕНЕРИИ | 11 |
| 1.1 Проектирование | 11 |
| 1.2 Конструирование | 12 |
| 1.3 Техническое задание | 13 |
| 1.4 Трехмерная графика или 3D | 17 |
| РАЗДЕЛ 2. МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ И СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН | 26 |
| 2. ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ . . . | 26 |
| 3. ПРИВОД ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ . . | 28 |
| 4. РЕМЕННЫЕ ПЕРЕДАЧИ | 36 |
| 4.1 Устройство, область применения, классификация | 36 |
| 4.2 Упругое скольжение ремня и кинематика ременной передачи | 38 |
| 4.3 Основные геометрические зависимости | 41 |
| 4.4 Расчет клинового ремня по тяговой способности | 45 |
| 5. ЦЕПНЫЕ ПЕРЕДАЧИ | 48 |
| 5.1 Устройство, область применения, достоинства и недостатки | 48 |
| 5.2 Цепи приводные и звездочки. | 49 |
| 5.3 Основные размеры передачи. | 53 |
| 5.4 Критерии работоспособности цепных передач, выбор цепи и проверка ее на прочность | 54 |
| 5.5 Нагрузка на цепь и валы. Проверка цепи на прочность по коэффициенту безопасности | 57 |
| 6. ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ | 59 |
| 6.1 Общие сведения. | 59 |
| 6.2 Виды разрушений зубьев. | 60 |
| 6.3 Краткие сведения о материалах, термическая и химико-термическая обработка зубчатых колес | 62 |
| 6.4 Расчет на изгиб зубьев цилиндрических передач. | 63 |
| 6.5 Расчет на контактную прочность активных поверхностей зубьев | 70 |
| 6.6 Силы, действующие в зацеплении цилиндрических зубчатых передач | 76 |
| 7. КОНИЧЕСКИЕ ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ | 78 |

| | |
|---|-----|
| 7.1 Основы геометрии и кинематики конических зубчатых колес | 78 |
| 7.2 Расчет конических зубчатых колес на прочность. | 82 |
| 7.3 Силы в зацеплении прямозубой ортогональной конической передачи ($\beta = 0, \delta_1 + \delta_2 = 90^\circ$) | 84 |
| 8. ЧЕРВЯЧНЫЕ ПЕРЕДАЧИ. | 86 |
| 8.1 Общие сведения. | 86 |
| 8.2 Геометрия и кинематика червячных цилиндрических передач | 87 |
| 8.3 Расчеты на прочность червячной пары | 92 |
| 8.4 Силы, действующие в червячном зацеплении | 96 |
| 8.5 Тепловой расчет червячного редуктора | 96 |
| 9. ВАЛЫ И ОСИ | 98 |
| 9.1 Назначение и конструкция. Критерии работоспособности | 98 |
| 9.2 Расчет на статическую прочность | 100 |
| 9.3 Расчет валов на выносливость | 104 |
| 9.4 Расчет валов на жесткость | 107 |
| 9.5 Расчет валов на виброустойчивость (колебания) | 109 |
| 10. ОПОРЫ ОСЕЙ И ВАЛОВ | 112 |
| 10.1 Назначение, разновидности, области применения | 112 |
| 10.2 Расчет подшипников скольжения. | 117 |
| 10.3 Подшипники качения | 121 |
| 11. МУФТЫ ПРИВОДОВ. | 127 |
| 11.1 Назначение муфт в приводах. Подбор | 127 |
| 11.2 Глухие муфты | 128 |
| 11.3 Компенсирующие муфты | 129 |
| 11.4 Упругие муфты. | 131 |
| 11.5 Предохранительные муфты. | 133 |
| 12. ШПОНОЧНЫЕ И ШЛИЦЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ. | 136 |
| 12.1 Шпоночные соединения. | 136 |
| 12.2 Шлицевые соединения | 140 |
| 13. СОЕДИНЕНИЯ С НАТЯГОМ | 142 |
| 14. РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ | 146 |
| 14.1 Назначение, классификация, характеристика и область применения резьб. | 146 |
| 14.2 Моменты при завинчивании и отвинчивании, самоторможение и к.п.д. винта. | 150 |
| 14.3 Распределение силы по виткам резьбы | 155 |
| 14.4 Расчет винтов на прочность. | 156 |

| | |
|---|-----|
| 15. СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ | 161 |
| 15.1 Общая характеристика, основные конструкции швов. . . | 161 |
| 15.2 Расчеты сварных швов на прочность | |
| при постоянных во времени нагрузках | 161 |
| 15.3 Сварные конструкции в машиностроении. | 165 |
| РАЗДЕЛ 3. ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ. | 166 |
| 16. УСТРОЙСТВО | |
| И ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА | 167 |
| 16.1 Классификация грузоподъемных машин (ГПМ) | 167 |
| 16.2 Основные механизмы ГПМ. | 168 |
| 16.3 Грузозахватные приспособления | 170 |
| 16.4 Полиспасты | 173 |
| 16.5 Тяговые гибкие органы. Канаты | 175 |
| 16.6 Цепи грузовые | 176 |
| 17. МЕХАНИЗМ ПОДЪЕМА | 178 |
| 17.1 Основные расчетные зависимости | |
| и параметры механизма подъема | 178 |
| 17.2 Крановый механизм подъема | 181 |
| 17.3 Типы применяемых двигателей. | 181 |
| 17.4 Расчет кранового механизма подъема | |
| с электродвигателем | 182 |
| 17.5 Канатные барабаны ГПМ | 185 |
| 17.6 Крепление конца каната на барабане. | 188 |
| 18. ТОРМОЗА ГПМ | 191 |
| 18.1 Классификация тормозов | 191 |
| 18.2 Определение расчетного момента тормоза | 191 |
| 18.3 Двухколодочные тормоза | 193 |
| 18.4 Ленточные тормоза | 196 |
| 19. МЕХАНИЗМ ПОВОРОТА КРАНА | 200 |
| 19.1 Конструкция механизма поворота | 200 |
| 19.2 Схемы поворотной части кранов | |
| и нагрузки в опорах | 200 |
| 19.3 Расчет мощности двигателя механизма поворота . . . | 203 |
| 19.4 Устойчивость кранов на фундаменте. | 205 |
| 20. МЕХАНИЗМ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ КРАНА | 208 |
| 20.1 Конструкции механизма передвижения | 208 |
| 20.2 Расчет механизма передвижения, | |
| установленного на тележке | 209 |
| 20.3 Расчет механизма передвижения тележки | |
| с канатной (цепной) тягой | 212 |

| | |
|---|-----|
| РАЗДЕЛ 4. МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ТРАНСПОРТА . . . | 214 |
| РАЗДЕЛ 4.1 КОНВЕЙЕРЫ | |
| С ТЯГОВЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ. | 214 |
| 21. ЛЕНТОЧНЫЙ КОНВЕЙЕР | 214 |
| 21.1 Классификация | |
| и устройство ленточных конвейеров | 214 |
| 21.2 Параметры и производительность | |
| транспортирующих машин | 219 |
| 21.3 Лента конвейера. Ширина ленты | 221 |
| 21.4 Определение сопротивлений движению ленты | 224 |
| 21.5 Тяговый расчет конвейера. | 227 |
| 22. ЭЛЕВАТОРЫ. | 231 |
| 22.1 Назначение и классификация | 231 |
| 22.2 Ковшовый элеватор. Производительность. | 231 |
| 22.3 Основы теории ковшового элеватора. | 232 |
| 22.4 Тяговый расчет элеватора и выбор двигателя | 235 |
| 23. СКРЕБКОВЫЙ КОНВЕЙЕР | 239 |
| 23.1 Назначение и общее устройство | 239 |
| 24. ВИНТОВОЙ КОНВЕЙЕР | 242 |
| РАЗДЕЛ 4.2 КОНВЕЙЕРЫ БЕЗ ТЯГОВОГО ОРГАНА . . . | 245 |
| 25. ГРАВИТАЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА | 245 |
| 25.1 Рольганг | 245 |
| 26. ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ | 248 |
| 26.1 Классификация и принцип действия установок | |
| пневмотранспорта | 248 |
| 26.2 Основные элементы пневмоустановок. | 250 |
| 26.3 Основы теории пневматического транспорта | 253 |
| 26.4 Основные характеристики | |
| двухкомпонентного потока и расчет пневмоустановок | 255 |
| РАЗДЕЛ 5. СКЛАДЫ И ПОГРУЗОЧНЫЕ МАШИНЫ . . . | 257 |
| 27. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ СКЛАДОВ . . . | 257 |
| 27.1 Роль складов в производственном процессе. | 257 |
| 27.2 Характеристика продовольственных | |
| и непродовольственных складов | 258 |
| 27.3 Классификация складов. | 260 |
| 27.4 Организация работы на складах | 261 |
| 27.5 Расчет площади открытого склада | 261 |
| 27.6 Расчет оборудования для работы склада. | 263 |
| 28. ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУЗОВ | 264 |
| 29. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ТАРА | 266 |

| | |
|--|------|
| 29.1 Классификация тары | .266 |
| 29.2 Устройства для механизации работ с тарными грузами | .268 |
| 29.3 Техничко-экономические показатели складов | .271 |
| 30. ПОГРУЗОЧНЫЕ МАШИНЫ | .273 |
| 30.1 Классификация машин | .273 |
| 30.2 Погрузочные машины периодического действия | .274 |
| 30.3 Погрузочные машины непрерывного действия | .274 |
| 30.4 Основы проектирования и расчета погрузчиков | .275 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ. | .278 |