

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
(УО «ВГТУ»)

УДК 005.591.6:[621+681.2+67/68]

Рег. № 20172049



УТВЕРЖДАЮ

проректор по научной работе УО «ВГТУ»

д-р экон. наук

Е.В.Ванкевич

2021 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В
МАШИНОСТРОЕНИИ, ПРИБОРОСТРОЕНИИ, ТЕКСТИЛЬНОЙ И
ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
(заключительный)
2017-ВПД-005

И.о. начальника НИЧ _____ И.В. Берашевич

31.10.21

Руководитель НИР,

зав. каф. теплоэнергетики, канд. техн. наук, _____ В.И. Олышанский
профессор

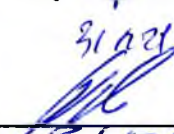
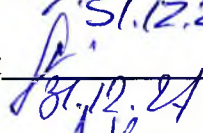
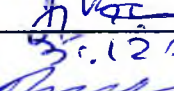
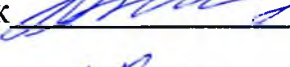
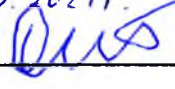
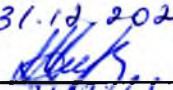
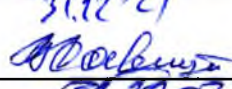
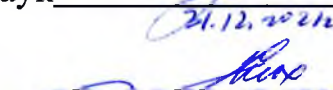
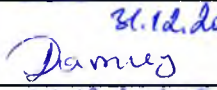
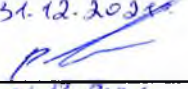
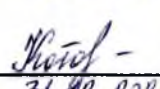
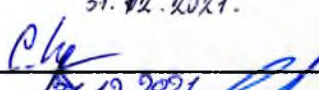
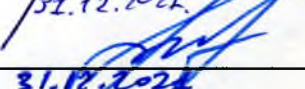
4.12.21

Витебск 2021 г.

Библиотека ВГТУ



СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель НИР, зав. каф. теплоэнергетики, канд. техн. наук	31.12.21 	В.И. Олышанский (введение, заключение, подразделы 1.2, 2.2, 4.2)
 Исполнители:		
Профессор, д-р. техн. наук	31.12.21 	В.В. Пятов (подразделы 1.7, 3.1)
Профессор, д-р. техн. наук	31.12.21 	С.С. Клименков (подраздел 3.2)
Доцент, канд. техн. наук	31.12.21 	Н.В. Беляков (подразделы 1.3, 1.4)
Доцент, канд. техн. наук	31.12.21 	В.В. Дрюков (подраздел 5)
Доцент, канд. техн. наук	31.12.2021 	А.С. Ковчур (подразделы 3.2, 3.4)
Доцент, канд. техн. наук	31.12.2021 	А.И. Олышанский (подраздел 4.2)
Доцент, канд. техн. наук	31.12.2021 	Н.В. Путеев (подраздел 2.1)
Доцент, канд. техн. наук	31.12.21 	И.С. Алексеев (подраздел 3.3)
Доцент, канд. техн. наук	31.12.21 	В.В. Савицкий (подразделы 1.1, 1.2, 4.1)
Доцент, канд. техн. наук	31.12.21 	А.М. Гусаров (подраздел 4.2)
Доцент, канд. техн. наук	31.12.2021 	С.В. Жерносек (подразделы 2.2, 2.3, 4.2)
Доцент	31.12.2021 	Ю.Е. Махаринский (подразделы 1.4, 2.1)
Ст. преподаватель	31.12.2021 	А.Л. Климентьев (подразделы 1.4, 3.2)
Ст. преподаватель	31.12.2021 	Д.Г. Латушкин (подраздел 2.1)
Ст. преподаватель	31.12.2021 	Р.В. Окунев (подраздел 3.2)
Ст. преподаватель	31.12.2021 	А.Н. Голубев (подразделы 1.7, 3.1, 3.3)
Ассистент	31.12.2021 	А.А. Котов (подраздел 5)
Ассистент	31.12.2021 	С.М. Кузьменков (подраздел 5)
Ассистент	31.12.2021 	А.С. Марущак (подраздел 2.3)
Нормоконтроль	31.12.2021 	С.В. Жерносек

РЕФЕРАТ

Отчет 179 с., 1 кн., 68 рис., 24 табл., 107 источн, 2 прил.

Ключевые слова: машиностроительное производство, приборостроение, энерго и ресурсосбережение, технологическая подготовка производства, механическая обработка, инструмент, технологические режимы, сапр, чпу

Объектом исследования являются технологические процессы в машиностроении, приборостроении, легкой и текстильной промышленности.

Целью НИР является проведение системных научных исследований для анализа резервов интенсификации технологических процессов в машиностроении, приборостроении, текстильной и легкой промышленности с использованием современных технических средств, разработки комплексных энерго- и ресурсосберегающих технологий, конкурентоспособных устройств и материалов, ориентированных на местные виды сырья.

Для решения поставленных в работе задач использовались методы технологии машиностроения и приборостроения, теории автоматизации проектирования, теплотехники, математического анализа, статистики и моделирования, теории проектирования технических систем. Проведенные исследования основываются на системном подходе обеспечения ресурсо-энергосбережения при функционировании технических систем.

В ходе выполнения НИР получены следующие научные результаты: энерго-ресурсосберегающие технологии производства современных высоко-технологичных конструкций, изделий и материалов; методы проектирования высокоэффективных технологических процессов, энергоэффективных установок и современных инструментов; инновационные подходы к обеспечению реализации высокоэффективных технологий и устройств.

Применение полученных результатов возможно в машиностроении, приборостроении, легкой и текстильной промышленности, а также в учебном процессе.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1 АНАЛИЗ РЕЗЕРВОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ, ПРИБОРОСТРОЕНИИ, ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ.....	9
1.1 Автоматизация технологической подготовки производства в машиностроении и приборостроении.....	9
1.2 Совершенствование технологических процессов в машиностроении и приборостроении	17
1.3 Базы данных объемных макетов оборудования складов машиностроительных предприятий.....	23
1.4 Система поддержки принятия решений синтеза схем базирования	28
1.5 Система автоматизированного расчета параметров размерной настройки торцовых фрез	36
1.6 Автоматизированное моделирование задней поверхности зубьев фрез для интенсификации процесса их проектирования	41
1.6.1 Типы затылованных фрез	41
1.6.2 Выбор кривой затылования зубьев фрезы	41
1.6.3 Двойное затылование зубьев фрез.....	44
1.6.4 Определение высоты зуба фрезы с одинарным затылованием	45
1.6.5 Моделирование геометрии задней поверхности зуба фрезы.....	46
1.7 Прикладное приложение для автоматизации построения 3D-моделей и чертежей деталей экструдера.....	48
1.7.1 Аналитический обзор современных методов проектирования шнековых прессов и формующего инструмента для экструзии пластично-вязких сред	48
1.7.2 Анализ физических моделей, описывающих деформацию и течение необратимо сжимаемых пластично-вязких сред	50

1.7.3 Построение теоретической модели процесса упругопластической деформации материала шнеком и формующим инструментом	53
1.7.4 Триботехнические и реологические характеристики среды, используемые при моделировании процессов пластической деформации.....	57
1.7.5 Выбор теоретических моделей и разработка алгоритмов расчета и проектирования шнека и формующих головок.....	62
1.7.6 Описание прикладного приложения для автоматизации построения 3D-моделей и чертежей деталей экструдера.....	64
2 РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ	68
2.1 Интенсификация процесса шлифования	68
2.1.1 Общая характеристика процесса шлифования.....	68
2.1.2 Моделирование изменения характеристик шлифовального круга при постоянном режиме шлифования.....	70
2.1.3 Моделирование изменения характеристик инструмента при шлифовании с изменяющимися в рабочем цикле подачами	75
2.2 Акустическая обработка деталей.....	78
2.2.1 Интенсификация процессов механической обработки.....	81
2.3 Звукохимическая обработка в промышленности.....	85
2.4 Технология газодинамическом напылении порошков	93
2.4.1 Теоретические положения	93
2.4.2 Оборудование для ХГДН.....	95
2.4.3 Область применения ХГДН.....	96
2.4.4 Материалы для ХГДН.....	98
2.5 Технология экструзии пластичных материалов.....	98
2.6 Фрикционная обработка отверстий	104
2.6.1 Сущность фрикционной обработки.....	104
2.6.2 Разработка комбинированных инструментов для термопластичного формообразования резьбовых отверстий	106

2.6.3 Разработка экспериментальной установки	107
3 РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРАГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ.....	109
3.1 Исследования триботехнических характеристик и уплотняемости формируемой среды	109
3.2 Исследования характеристик изделий, полученных с использованием аддитивных технологий	116
3.2.1 Разработка стенда для разрыва заготовок.....	116
3.2.2 Разработка технологий изготовления монокристаллических заготовок.....	120
3.3 Анализ технологичности конструкции полимерных изделий для 3D-печати по технологии FDM	122
3.3.1 Обзор технических характеристик и технологических возможностей оборудования для полимерной 3D-печати по технологии FDM.....	122
3.4 Лакокрасочный материал на основе полистирола.....	128
3.4.1 Фасадная краска на основе акриловых полимеров	130
4 РАЗРАБОТКА ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ И ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	133
4.1 Анализ основных направлений энерго- и ресурсосбережения на промышленных предприятиях	133
4.2 Оптимизация процесса сушки капиллярно-пористых материалов.....	138
4.2.1 Регулярный режим.....	149
4.2.2 Интенсификация процессов тепломассообмена и сушки капиллярно-пористых материалов.....	152
5 ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ В ПРОИЗВОДСТВО	154
5.1 Ресурсосберегающая модернизация водогрейных котлов КВГМ—100—150 на промышленных котельных.....	154

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	163
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	164
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	175
Приложение А. Акты внедрения в учебный процесс	176
Приложение Б. Акты внедрения в производство	178

ВВЕДЕНИЕ

На кафедре «Технологии и оборудования машиностроительного производства» выполнены научно-исследовательские работы по следующим направлениям:

- разработка комплексных энерго- и ресурсосберегающих технологий, высокотехнологичных устройств и материалов;
- совершенствование технологических процессов в машиностроении, приборостроении, текстильной и легкой промышленности;
- внедрение современных систем автоматизированного проектирования (САПР), систем технологической подготовки производства (СТПП);
- разработка и исследование новых изделий, материалов и конструкций в машиностроении, приборостроении, текстильной и легкой промышленности.

В ходе проведения исследований выполнена разработка энерго- и ресурсосберегающих технологических процессов, высокотехнологичных конструкций, материалов и изделий в машиностроении, приборостроении, текстильной и легкой промышленности с использованием современных способов подвода энергии. Исследованы вопросы внедрения средств автоматизации, оборудования с ЧПУ и современных САПР и СТПП. Проведен теоретический и экспериментальный анализ резервов интенсификации процессов механической обработки материалов. В рамках работы выполнен комплексный анализ инновационных подходов к проектированию и внедрению технологических процессов, разработке оборудования и инструментов, а также созданию новых изделий и материалов с использованием интеллектуальных ресурсов, современных вычислительных средств и прикладного программного обеспечения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технический кодекс установившейся практики. ТКП 424-2012 (02260). Порядок разработки и постановки продукции на производство / Министерство промышленности Республики Беларусь. — Введ. 01-02-2013. — Минск : УП "Промстандарт", 2012. — 24 с.
2. Яблочников, Е. И. Автоматизация технологической подготовки производства в приборостроении : учебное пособие / Е. И. Яблочников. — Санкт-Петербург : СПбГИТМО (ТУ), 2002. — 92 с.
3. Беляков, Н. В. Синтез технологических процессов : учебное пособие / Н. В. Беляков, Ю. Е. Махаринский, В. И. Ольшанский, В. А. Горохов ; УО «ВГТУ». — Витебск, 2017. — 472 с.
4. БЕЛАЗ. Модернизация производства [Электронный ресурс] ; 2016. — Режим доступа : http://www.belaz.by/press/news/2016/modernizacija_proizvodstva/. — Дата доступа 20.09.2017.
5. Абрамов, Ф. Н. О разработке терминологии базирования в машиностроении / Ф. Н. Абрамов // Вестник машиностроения. — 2006. — № 2. — с. 67—72.
6. Колыбенко, Е. И. Системные знания теории базирования в машиностроении / Е. И. Колыбенко // Вестник машиностроения. — 2005. — №10, 11.
7. Леонов, Ю. А. Автоматизация выбора рациональных схем базирования заготовки при синтезе технологических процессов / Ю. А. Леонов. — Брянск, 2012. — 166 с.
8. Медведев, А. В. Технологические основы гибких производственных систем : учебник для машиностроительных специальностей вузов / В. А. Медведев [и др.] ; под ред. Ю. М. Соломенцева. — 2-е изд., испр. — Москва : Высшая школа, 2000. — 255 с.
9. Официальный сайт Аскон [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <https://ascon.ru/>. — Дата доступа: 09.12.2018г.
10. Справка Autodesk Inventor [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://help.autodesk.com>. — Дата доступа : 09.12.2018г.

11. Старостин, В. Г. Формализация проектирования процессов обработки резанием / В. Г. Старостин, В. Е. Лелюхин. — Москва : Машиностроение, 1986. — 136 с.
12. Жданович, Г. М. Теория прессования металлических порошков / Г. М. Жданович. — Москва : Металлургия, 1969. — 264 с.
13. Махаринский, Е. И. Теория базирования в проблеме проектирования технологических процессов механической обработки и станочных приспособлений / Е. И. Махаринский, Н. В. Беляков, Ю. Е. Махаринский // Вестник машиностроения. — 2008. — №9. — С. 34-45.
14. Попок, Н. Н. Методы и модели компьютерного проектирования технологических процессов изготовления корпусных деталей / Н. Н. Попок, Н. В. Беляков // Вестник ПГУ. — 2010. — №3, Серия В. Промышленность. Прикладные науки. — С. 68-75.
15. Пятов, В. В. Теоретические и технологические основы холодной экструзии порошковых материалов / В. В. Пятов. — Витебск: УО «ВГТУ», 2002. — 237 с.
16. Программное обеспечение QForm [Электронный ресурс.] — Режим доступа : <http://www.qform3d.ru/products>. — Дата доступа : 07.03.2019.
17. Пятов, В. В. Экструзия пластично-вязкой среды / В. В. Пятов, А. Н. Голубев. — Витебск : УО «ВГТУ», 2018. — 213 с.
18. Software solutions - Greiner Extrusion group [Электронный ресурс.] — Режим доступа : <https://www.greinerextrusion.com/en/software-digital-solutions-kopie.html>. — Дата доступа : 08.03.2019.
19. Ludovic - Twin screw extrusion — SCConsultants [Электронный ресурс.]. — Режим доступа : <https://www.sccconsultants.com/en/ludovic-twin-screw-simulation-software.html>. — Дата доступа : 08.03.2019.
20. Уилкинсон, У. Неньютоновские жидкости. — Москва : Мир, 1964. — 216 с.
21. Рейнер, М. Деформация и течение. Введение в реологию : пер. с англ. / М. Рейнер. — Москва : Государственное научно-техническое издательство

нефтяной и горно-топливной литературы, 1963. — 383 с.

22. Каргин, В. А., Слонимский, Г. Л. Краткие очерки по физико-химии полимеров / В. А. Каргин, Г. Л. Слонимский. — Москва : Химия, 1967. — 231 с.

23. Виноградов, Г. В. Вязкостные свойства эластомера на примере дивинил-стерильного каучука / Г. В. Виноградов [и др.] // «Коллоидный журнал», 1968.

24. Косторнов, А. Г. Свойства пластифицированной порошковой смеси и закономерности ее экструзии / А. Г. Косторнов, А. И. Райченко // Порошковая металлургия. — Минск : Выш. школа, 1996. — С. 96-104.

25. Гун, Г. Я. Математическое моделирование процессов обработки металлов давлением / Г. Я. Гун. — Москва : Металлургия, 1983. — 352 с.

26. Колмогоров, В. Л. Механика обработки металлов давлением / В. Л. Колмогоров. — Москва : Металлургия, 1986. — 688 с.

27. Бальшин, М. Ю. Об определении контактного сечения и некоторых механических свойств пористых, порошковых и волокнистых материалов / М. Ю. Бальшин // Порошковая металлургия в новой технике. — Минск : Наука, 1968. — С. 51-55.

28. Пятов, В. В. Методика исследования технологических свойств материалов, формуемых экструзией / В. В. Пятов, А. Н. Голубев, П. С. Ширяев // Вестник Витебского государственного технологического университета. — 2017. — №2(33). — С. 53-59.

29. А. с. 1176695 СССР, МКИ В 22 F 3/02. Устройство для исследования внешнего и межчастичного трения порошка / С. С. Клименков, В. В. Пятов, К. В. Шульков. — № 3716890/22-02; Заявлено 29.03.84. — ДСП.

30. Способ определения коэффициента бокового давления : пат. 5665 С1 ВУ : МПК G 01L 7/00 / В. В. Пятов, О. Н. Ахтанин, С. С. Клименков, А. Н. Голубев; заявитель и патентообладатель Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет». — а 19990668; ; заявл. 06.07.1999; опубл. 30.12.2003, Бюл. № 5. — 5 с.

31. Computer-aided engineering : Википедия. Свободная энциклопедия

- [Электронный ресурс] ; 2021. — Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_engineering. — Дата доступа — 15.04.2021.
32. Автоматизация инженерных расчетов. CAE-системы : insoftmach / [Электронный ресурс] ; 2021. — Режим доступа : <http://www.insoftmach.ru/CAEall.html>. — Дата доступа 15.04.2021.
33. Пятов, В. В. Методика проектирования шнековых машин для экструзии пластичных сред / В. В. Пятов, А. Н. Голубев, П. С. Ширяев // Вестник Витебского государственного технологического университета. — 2017. — №2(33). — С. 45-52.
34. Кенджаев, Х. Х. Исследование затупления шлифовального круга / Х. Х. Кенджаев // Передовой научно-технический и производственный опыт. — Москва : Изд. Всесоюзного института научной и технической информации, 1957. — С. 12-23.
35. Корчак, С. Н. Производительность процесса шлифования стальных деталей / С. Н. Керчан. — Москва : Машиностроение, 1974. — 200 с.
36. Лурье, Г. Б. Рациональное использование шлифовальных станков. Обзор / Г. Б. Лурье. — Москва : «НИИМАШ». 1974. — 79 с.
37. Богданофф, Дж. Вероятностные модели накопления повреждений / Дж. Богданофф, Ф. Козин. — Москва : Мир, 1989. — 364 с.
38. Седякин, Н. М. Об одном физическом принципе теории надежности / Н. М. Седякин // Известия А. Н. СССР, Техническая кибернетика. — Москва : Федеральное государственное унитарное предприятие Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр Наука. — 1966, № 3. — С. 80.
39. Махаринский, Е. И. Технологические основы управления процессом шлифования / Е. И. Махаринский. — Москва : СНИО СССР, 1990. — 52 с.
40. Промтов, М. А. Перспективы применения кавитационных технологий для интенсификации химико-технологических процессов / М. А. Промтов // Вестник Тамбовского государственного технического университета, 2008. — Т. 14, № 4. — С. 861-869.

41. Фесенко, А. В. Сравнительный анализ гидродинамических установок для диспергирования, гомогенизации и нагрева жидкости / А. В. Фесенко, Ю. Н. Любимый // Вісник Сумського державного університету. Серія: технічні науки. — Суми : Видавництво СумДУ. — 2009. — № 4. — С. 103—109.
42. Киселев, Е. С. Интенсификация процессов механической обработки использованием энергии ультразвукового поля : Учебное пособие. — Ульяновск : УлГТУ, 2003. — 186 с.
43. Андреев, В. И. Ультразвуковая ударная обработка как метод повышения долговечности сварных соединений / В. И. Андреев // Оборудование. Технический альманах, 2006. — №3. С. 32-33.
44. Фатюхин, Д. С. Ультразвуковые технологии повышения эксплуатационных свойств изделий транспортного машиностроения : автореф. дисс. докт. техн. наук : 05.02.08. — Москва, 2014. — 40 с.
45. Шестовских, А. Е. Ультразвуковое оборудование для получения нанодисперсных эмульсий и суспензий / А. Е. Шестовских, А. Ю. Петров, В. И. Лузгин // Промышленная энергетика, 2015. — № 7. — С. 21-26.
46. Хмелев, В. Н. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности : курс лекций / В. Н. Хмелев, А. Н. Сливин [и др.]. — Бийск : Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. — 203 с.
47. Осипенкова, Г. А. Отделочно - упрочняющая обработка с применением ультразвуковых крутильных колебаний / Г.А. Осипенкова, В.Ф. Пегашкин; М - во образования и науки РФ; ФГАОУ ВПО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н.Ельцина», Нижнетагил. технол. ин-т (фил.). — 2 - е изд., перераб. и доп. — Нижний Тагил : НТИ (филиал) УрФУ, 215. — 179 с.
48. Боровин, Ю. М. Повышение геометрических и физико-механических характеристик поверхностного слоя при финишной ультразвуковой обработке : дис. канд. техн. наук : 05.03.01. — Москва, 2014. — 288 с.
49. Бржозовский, Б. М. Физические основы, технологические процессы и оборудование ультразвуковой обработки материалов / Б. М. Бржозовский [и др.]. — Саратов : Саратовский гос. техн. ун-т, 2006. — 195 с.

50. Смирнов, В. С. Теория обработки металлов давлением / В. С. Смирнов. — Москва : Металлургия, 1973. — 496 с.
51. Фесенко, А. В. Повышение эффективности шлифования при активации и рациональном использовании СОЖ / А. В. Фесенко, Ю. Н. Любимый // Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ" : сб. науч. тр. Темат. вып. : Технологии в машиностроении. — Харьков : НТУ "ХПИ", 2010. — № 41. — С. 71-100.
52. Ультразвуковая ванна : основные сведения // ТехноТрон [Электронный ресурс]. — 2007. — Режим доступа : <http://www.texnotron.com/tools/889-ultrazvukovaya-vanna-osnovnye-svedeniya.html>. — Дата доступа : 15.11.2016.
53. Флинн, Г. Физика акустической кавитации в жидкостях // Физическая акустика / Под ред. У. Мезона. — Москва : Мир, 1967. — Т. 1, Ч. Б. — С. 7-138.
54. Сиротюк, М. Г. Экспериментальные исследования ультразвуковой кавитации / М. Г. Сиротюк // Мощные ультразвуковые поля / Под ред. Л.Д. Розенберга. — Москва : Наука, 1968. — Ч. 5. — С. 168-220.
55. Прохоренко, П. П. Ультразвуковой капиллярный эффект / П. П. Прохоренко, Н. В. Дежкунов, Г. Е. Коновало. — Минск : Наука и техника, 1981. — 135 с.
56. Сажин, Б. С. Пути повышения эффективности процесса промывки текстильных материалов / Б. С. Сажин, В. А. Реутский, М. К. Кошелева. — Москва : Легкая промышленность и бытовое обслуживание, 1988. — 40 с.
57. Кульнев, А. О. Перспективы применения акустических колебаний ультразвукового диапазона в строительстве / А. О. Кульнев, С. В. Жерносек, В. И. Ольшанский, Н. Н. Ясинская // Строительство и землеустройство: проблемы и перспективы развития сборник трудов II Международной заочной научно-практической конференции. — 2017. — С. 3-6.
58. Балашова, Т. Д. Краткий курс химической технологии волокнистых материалов / Т. Д. Балашова. — Москва. — 1984, 200 с.
59. Кульнев, А. О. Крашение текстильных материалов из полиэфирных волокон с использованием ультразвукового воздействия / А. О. Кульнев, С. В.

- Жерносек, Н. Н. Ясинская, В. И. Олышанский, А. Г. Коган // Вестник Витебского государственного технологического университета. — 2017. — № 1(32). — С. 155.
60. Hadfield, D. Injection molding for near-net-shape PM components / D. Hadfield // Metals and Mater. — 1985. — 1. — № 10. — p. 609—612.
61. Груздев, И. Э. Теория шнековых устройств / И. Э. Груздев, Р. Г. Мирзоев, В. И. Янков. — Ленинград : Изд-во ЛГУ, 1978. — 144 с.
62. Дмитриев, Л. М. Устройства для переработки пластических масс литьем под давлением / Л. М. Дмитриев. — Москва, 1964. — 125 с.
63. Ильинский, Д. Я. Расчет и конструирование червячных машин для легкой промышленности / Д. Я. Ильинский. — Москва : Легкая индустрия, 1965. — 51 с.
64. Королев, К. М. Исследование ленточных шнековых прессов пластического формования керамических изделий / К. М. Королев. — Москва : Машиностроение, 1960. — 210 с.
65. Шенкель, Г. Шнековые прессы для пластмасс / Г. Шенкель. — Москва : Мир, 1965. — 293 с.
66. Бокшицкий, М. Н. Формующий инструмент экструзионных машин / М. Н. Бокшицкий, Ф. Я. Гурфинкель. — Москва : Машиностроение, 1965. — 34 с.
67. Алексеев, И. С. Разработка процесса непрерывного формования пористых длинномерных изделий из порошковых материалов методом экструзии шнеком : дисс. ... канд. техн. наук : 05.16.05. — Минск, 1985.
68. Кулагин, В. И. Разработка теории и технологии непрерывного формования сплошных профилей : дисс. ... канд. техн. наук : 05.16.05. — Минск, 1985.
69. Жемчужный, М. И. Разработка способов и технологии формования из порошковых композиций изделий с переменными свойствами : дисс. ... канд. техн. наук : 05.16.05. — Минск, 1986.
70. Красновский, А. Н. Разработка технологии непрерывного формования изделий из порошковых материалов и композиций : дисс. ... канд. техн. наук :

05.16.05. — Минск, 1990.

71. Кипарисов, С. С., Либенсон, Г. А. Порошковая металлургия. — Москва : Металлургия, 1991. — 432 с.

72. Коновалов, Е. Г., Жданович, Г. М. Измерения коэффициентов бокового давления при прессовании порошков железа с наложением ультразвуковых колебаний / Е. Г. Коновалов, Г. М. Жданович // Пластичность и обработка металлов давлением. — Минск : Наука и техника, 1968. — С. 25-30.

73. ГОСТ 11262-2017 Пластмассы. Метод испытания на растяжение. — Взамен ГОСТ 11262-80; введ. 1980-12-01 — Минск: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Москва: Изд-во стандартов, 2018. — 24 с.

74. Зачем нужны 3D-принтеры : [Электронный ресурс] : Режим доступа : <http://pechat-3d.ru/3d-printer/primeneniye/3d-printer-primeneniye.html>. — Дата доступа : 10.10.2017.

75. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / М. А. Зленко М. В. Нагайцев, В. М. Довбыш // пособие для инженеров. — Москва : ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. — 220 с.

76. Технологии 3D-печати : [Электронный ресурс] : Режим доступа : http://www.ixbt.com/printer/3d/3d_tech.shtml. — Дата доступа : 10.10.2017.

77. Программа развития легкой промышленности в 2016 — 2020 годах : [Текст] / Белорусский государственный концерн по производству и реализации товаров легкой промышленности. — Минск ; 2016. — 38 с.

78. The Latest Flashforge Software, Firmware, and User Manual Download : [Электронный ресурс] : Режим доступа : <http://www.flashforge.com.hk/downloads.html>. — Дата доступа : 10.10.2017.

79. Гречаников, А. В. Утилизация отходов ТЭЦ с целью получения фасадной краски / А.В. Гречаников, А.П. Платонов, С.Г. Ковчур // Вестник УО «ВГТУ». — 2004. — № 6. — С. 129-132.

80. Гречаников, А. В. Получение высококачественной фасадной краски на основе неорганических отходов станций обезжелезивания / А.В. Гречаников,

А.П. Платонов, С.Г. Ковчур // Ресурсо- и энергосберегающие технологии промышленного производства: материалы Междунар. науч.-техн. конф., ВГТУ, Витебск, 25-26 окт. 2003 г. / : Витеб. гос. технолог. ун-т. — Витебск, 2003. — Ч.2. — С. 143 — 146.

81. Тимошпольский, В. И. Энергосбережение в промышленных технологиях металлургического и машиностроительного производств / В. И. Тимошпольский, И. А. Трусова // Литье и металлургия. — 2011. — № 1 (59). — С. 119 — 123.

82. Перспективы развития машиностроительного комплекса : Studopedia / [Электронный ресурс] ; 2021. — Режим доступа : <https://studopedia.org/1-24586.html>. — Дата доступа 15.04.2021.

83. Галковский, С. В. Развитие легкой промышленности Республики Беларусь / С. В. Галковский, А. Ю. Шундалова : SCI-ARTICLE [Электронный ресурс] ; 2021. — Режим доступа : <http://sci-article.ru/stat.php?i=1543257618>. — Дата доступа 19.04.2021.

84. Зимина, Е. Л. Ресурсосберегающие технологии в швейной промышленности : монография / Е. Л. Зимина, В. Л. Ольшанский. — Витебск : УО «ВГТУ», 2016. — 92 с. — DOCPLAYER [Электронный ресурс] ; 2021. — Режим доступа : <https://docplayer.ru/66861063-E-l-zimina-v-i-olshanskiy-resursosberegayushchie-tehnologii-v-shveynoy-promyshlennosti.html>. — Дата доступа 19.04.2021.

85. Гинзбург, А. С. Технология сушки пищевых продуктов / А. С. Гинзбург. — Москва : Пищевая промышленность, 1976. — 248 с.

86. Стабилизация качества дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* в процессе сушки / З. Ш. Мингалеева, Г. О. Ежкова, О. В. Старовойтова, О. А. Решетник // Вестник Казанского технологического университета. — Т. 16, № 15, 2013. — С. 115-117.

87. Замаев, С. М. Научное обеспечение процесса сушки хлебопекарных дрожжей в псевдооживленном слое при осциллирующем теплоподводе : дис... кандидата технических наук : 05.18.12 / Воронеж. гос. технол. акад. — Воро-

неж, 2007. — 196 с.

88. Бочарова, Г. А. Исследование процесса сушки пекарских дрожжей комбинированным методом : Автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук. (05.02.14) / Воронеж. технол. ин-т. — Воронеж : [б. и.], 1972. — 33 с.

89. Акулич, П. В. Расчеты сушильных и теплообменных установок. — Минск : Беларуская навука, 2010. — 443 с.

90. Лыков, М. В. Сушка в химической промышленности / М. В. Лыков. — Москва : Химия, 1970. — 429 с.

91. Лыков, А. В. Теория сушки / А. В. Лыков. — Москва : Энергия, 1968. — 470 с.

92. Красников, В. В. Кондуктивная сушка / В. В. Красников. — Москва : Энергия, 1973. — 288 с.

93. Кретов, И. Т. Оптимизация процесса сушки хлебопекарных дрожжей в кипящем слое / И.Т. Кретов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология, 1990. — № 2-3 (195-196). — С. 74-75.

94. Филоненко, Г. К. Сушка пищевых растительных материалов / Г. К. Филоненко, М. А. Гришин, Я. М. Гольденберг, В. К. Коссек. — Москва : Пищевая промышленность, 1971. — 435 с.

95. Куц, П. С. Некоторые закономерности теплообмена и приближенные методы расчета кинетики процесса сушки влажных материалов / П. С. Куц, А. И. Ольшанский // Инженерно-физический журнал. — Т.32, N 6, 1977.— С. 1007 — 1014.

96. Ольшанский, А. И. Некоторые закономерности кинетики сушки пищевых продуктов / А. И. Ольшанский, П. С. Куц. // Известия ВУЗов, «Пищевая технология», N 5, 1977. — С.97 — 101.

97. Лева, М. Псевдооживление / Пер. с англ. В. Г. Айнштейна ; Под ред. проф. Н. И. Гельперина. — Москва : Гостоптехиздат, 1961. — 400 с. Лыков, А. В. Теория тепло- и массопереноса / А. В. Лыков, Ю. А. Михайлов. — Москва-Ленинград : Госэнергоиздат, 1963. — 534 с.

98. Олышанский, А. И. Экспериментальные исследования кинетики сушки тонких плоских влажных материалов методом регулярного режима с использованием обобщенных комплексных переменных / А. И. Олышанский, А. М. Гусаров // Инженерно-физический журнал, 2017. — Т.90, N 3. — С.700 — 713.
99. Лыков, А. В. Теория сушки капиллярно-пористых коллоидных материалов пищевой промышленности / А. В. Лыков, Л. Я. Ауэрман. — Москва : Пищепромиздат, 1946. — 285 с.
100. Розенберг, Д. Физика и техника мощного ультразвука. Монография в 3 томах. Том 3. Физические основы ультразвуковой технологии / Розенберг Д. — Москва : Наука, 1970. — 689 с.
101. Westerwelt, P. J. Effect of Sound Waves on Heat Transfer. — JASA, 32, 3, 337, 1960.
102. Долгополов, Н. Н. Способ сушки капиллярно-пористых материалов / Л. Д. Долгополов, Л. Д. Розенберг, С. Г. Симонян, Ю. Я. Борисов // Авт. свид. Кл. 82а, 121, № 175890, 1965.
103. ТКП 053—2007 (02300). Введ. 01.05.2007. — Минск, 2007. — 22 с.
104. Кинжибекова, А. К. (2018), Современные теплоизоляционные материалы для обмуровки тепловых установок в теплоэнергетике, Вестник инновационного евразийского университета, 2018, №4 — С.118 — 122.
105. Нияковский, А. М. К выбору плотности теплового потока при проектировании тепловой изоляции / А. М. Нияковский, Э. И. Гончаров, О. И. Мишута // Вестник Полоцкого государственного университета, 2017, № 8. — С.147.
106. Исаченко, В. П. Теплопередача / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. — Москва : Энергия, 1975. — 440 с.
107. Исаченко, В. П. Теплопередача / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. — Москва : Энергия, 1975. — 440 с.

Библиотека ВГТУ

