



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)**

**ОЛИМПИАДА «Я – МАГИСТР»
ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В МАГИСТРАТУРУ в 2026 году**

**ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ
(РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ
РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ)**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ
К ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОМУ ЭТАПУ ОЛИМПИАДЫ**

Составители:

Агафонова В.В. к.б.н., доцент каф.ТТПП

Дорошенко В.А. старший преподаватель каф.ТТПП

Савенков Д.Н. к.т.н., доцент кафедры ТТПП

Председатель методической комиссии:

Тупольских Т.И. к.т.н., зав.каф. ТТПП.

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

Характер и уровень сложности олимпиадных задач направлены на достижение целей проведения Олимпиады: выявление и поддержка лиц, проявивших выдающиеся способности; стимулирование учебно-познавательной и научно-исследовательской деятельности обучающихся; развитие у обучающихся интеллектуальных и творческих способностей; создание необходимых условий для формирования качественного контингента магистрантов, ориентированных на продолжение академической карьеры; формирование системы непрерывного взаимодействия с одаренной и талантливой молодежью; распространение и популяризация научных знаний; привлечение талантливой молодежи, в том числе из зарубежных стран, к обучению в магистратуре.

Задания дифференцированы по сложности и требуют различных временных затрат на верное и полное решение. Задания направлены на выявление интеллектуального потенциала, аналитических способностей и креативности мышления участников и т.п.

Очный этап Олимпиады проводится только в письменной форме. Каждый участник Олимпиады получает бланк с заданием по вариантам содержащий 3 задания теоретической направленности, 1 практическое задание. При выполнении заданий требуется:

1. Ответить развернуто на 3 теоретических вопроса;
2. Решить 1 практическое задание с пояснением решения и описанием процесса;

При подготовке к Олимпиаде следует повторить приведенные ниже темы.

ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕМЕНТОВ СОДЕРЖАНИЯ, ВКЛЮЧЕННЫХ В ЗАДАНИЯ ОЛИМПИАДЫ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ЭТАПА 2025/2026 УЧЕБНОГО ГОДА

Тема 1. Фундаментальные основы и терминология

Изучить определения терминов: ресурсосберегающая технология, биодоступность, холодная цепь, ферментная инженерия, циркулярная экономика в АПК, жизненный цикл продукта (LCA), утилизация отходов, глубокая переработка, хеометрика в пищевых технологиях, предиктивная аналитика.

Пример вопроса.

В чем суть принципа Каскада в переработке растительного сырья?

Что такое критическая точка контроля (ССР) в системе НАССР? Как она связана с ресурсосбережением?

Разбор задания.

Дается полный развернутый ответ, с описание процессов и терминов.

Тема 2. Хранение растительного сырья (Зерно, овощи, фрукты)

Описание раздела:

Сравнение хранения в регулируемой газовой среде (РГС / CAS) и в модифицированной газовой среде (МГС / MAP). Плюсы, минусы, области применения.

Как рассчитать равновесную влажность зерна или семян при заданной температуре и относительной влажности воздуха? Для чего это нужно?

Как работает система активного вентилирования и за счет чего она позволяет экономить энергию по сравнению с принудительной сушкой?

Каков принцип действия адсорбционно-каталитических генераторов для создания газовой среды? В чем их преимущество перед баллонными системами?

Какие биохимические процессы являются главной причиной порчи при хранении? Как на них можно влиять?

Каков принцип действия адсорбционно-каталитических генераторов для создания газовой среды? В чем их преимущество перед баллонными системами?

Разбор задания

Дается полный развернутый ответ, с описание процессов и терминов.

Тема 3. Механическая и гидромеханическая переработка

Предварительная обработка сырья (например, бланширование, PEF-обработка) перед прессованием или экстракцией является ресурсосберегающим приемом.

Пример вопроса.

В чем преимущества мембранных технологий (микро-, ультра-, нанофильтрация) перед традиционной фильтрацией и центрифугированием? Их роль в создании замкнутых водооборотных циклов.

Сравните распылительную, сверхкритическую и сублимационную сушку по критериям: энергоемкость, сохранение качества, стоимость. Для какого типа сырья каждая оптимальна?

Почему выпарка с механическим паровым пересжатием (MBP / MVR) энергетически эффективнее классической многокорпусной выпарки?

Тема 4. Механическая и гидромеханическая переработка

Как можно управлять процессом брожения (пиво, квас, закваски), чтобы минимизировать образование побочных продуктов и сократить время цикла?

Опишите схему рекуперации тепла из пастеризованного продукта. Куда можно направить утилизируемую энергию?

Какие современные методы улавливания и использования диоксида углерода, образующегося при брожении, вы знаете?

Назовите 3-4 стадии производства с наибольшим водопотреблением на пивоварне/спиртзаводе. Предложите методы его сокращения для каждой.

Какие ценные компоненты можно извлечь из пивной дробины или спиртовой барды? Какие технологии для этого применяются (сепарация, ферментализация, сушка)?

Тема 5. Зерно и продукты его переработки (Углубленно)

Каковы критические параметры при сушке зерна, чтобы не допустить ухудшения качества (например, клейковины пшеницы, всхожести семян)?

Составьте блок-схему полной переработки зерна пшеницы с выделением не только муки, но и крахмала, глютена, зародыша, пищевых волокон (арабиноксиланов). Какое оборудование используется для разделения?

Как применение современных ферментных препаратов (амилаз, протеаз, ксиланаз) позволяет повысить выход продукта, экономить энергию и улучшать качество на хлебопекарных, крахмало-паточных предприятиях?

Рассчитайте примерный энергетический потенциал лузги подсолнечника или соломы для котельной элеватора или маслоэкстракционного завода.

Пример решения:

1. Исходные данные и допущения

Для расчета возьмем лузгу подсолнечника как более калорийный и стандартизированный отход маслоэкстракционного завода.

- **Низшая теплота сгорания (Q_i) лузги подсолнечника:** Примем среднее значение $\approx 18\text{-}19$ МДж/кг (или $\approx 4300\text{-}4550$ ккал/кг). Возьмем для расчетов **18.5 МДж/кг**.
- **Выход лузги от переработки семян:** В среднем составляет **14-20%** от массы семян. Возьмем **18%**.
- **Производительность завода (вариант):**
 - **Вариант А (Средний завод):** 300 тонн семян подсолнечника в сутки (300 000 кг/сут).
 - **Вариант Б (Крупный завод):** 1000 тонн семян в сутки (1 000 000 кг/сут).
- **КПД котельной установки, работающей на biomass (лузге):** Примем $\eta = 0.85$ (85%) – для современной паровой или водогрейной котлоагрегатной установки, учитывающей потери.
- **Коэффициент перевода:** $1 \text{ МДж} = 0.2778 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$.

2. Расчет суточного выхода лузги

- **Вариант А:** $300\,000 \text{ кг/сут} \cdot 0.18 = 54\,000 \text{ кг/сут}$ (**54 тонны/сут**)
- **Вариант Б:** $1\,000\,000 \text{ кг/сут} \cdot 0.18 = 180\,000 \text{ кг/сут}$ (**180 тонн/сут**)

3. Расчет тепловой энергии, заключенной в суточной массе лузги (теоретический потенциал)

- **Вариант А:** $54\,000 \text{ кг} \cdot 18.5 \text{ МДж/кг} = 999\,000 \text{ МДж/сут}$
- **Вариант Б:** $180\,000 \text{ кг} \cdot 18.5 \text{ МДж/кг} = 3\,330\,000 \text{ МДж/сут}$

4. Расчет полезной тепловой энергии с учетом КПД котельной (практический потенциал)

- **Вариант А:** $999\,000 \text{ МДж/сут} \cdot 0.85 = 849\,150 \text{ МДж/сут}$
- **Вариант Б:** $3\,330\,000 \text{ МДж/сут} \cdot 0.85 = 2\,830\,500 \text{ МДж/сут}$

ценка: на что может хватить этой энергии?

Рассмотрим для **Варианта А (средний завод, $\sim 235\,900 \text{ кВт}\cdot\text{ч/сут}$)**.

а) Обеспечение самого маслоэкстракционного завода:

Основные потребители тепла на МЭЗ:

1. **Сушилки для семян:** Очень крупный потребитель. Влагосъем 1 кг воды требует 4-6 МДж. Суточная потребность может достигать **сотен Гкал**.
2. **Жаровня (тепловая обработка мятки):** Температура 100-120°C.
3. **Подогрев экстракционного бензина (гексана) в дистилляторах:** Нагрев с 50-60°C до 70-80°C.
4. **Производство пара для технологических нужд.**

Вывод для среднего завода (А): Суточного запаса энергии от лузги (~203 Гкал) может быть достаточно для покрытия значительной части технологических нужд, кроме, возможно, пиковых нагрузок на сушку в сезон влажного сырья. Часто лузги хватает на 60-100% потребности завода в тепле, делая его энергонезависимым.

б) Для элеватора, принимающего зерно:
Основные потребители: **Сушка зерна (колоссальные затраты), подогрев воздуха для вентилирования, отопление помещений.**

Вывод: Котёл на лузге с выработкой ~200-650 Гкал/сут (в зависимости от масштаба) способен полностью обеспечить сезонную сушку зернового элеватора средней мощности, что дает огромную экономию на природном газе или угле.

Тема 6. Инновации, экономика и устойчивое развитие

Что такое «цифровой двойник» технологической линии? Как он может помочь в оптимизации режимов и экономии ресурсов?

Приведите пример создания энерготехнологического комплекса, где отходы одного производства (например, тепло от компрессоров, органические стоки) становятся ресурсом для другого.

Как принципы биоэкономики меняют подход к проектированию новых продуктовых линий? (Пример: создание биоразлагаемой упаковки из полисахаридов растительных отходов).

Как рассчитать водный след для продукта (например, томатной пасты)? Какие этапы производства дают наибольший вклад?

Пример решения

1. Расчет водного следа для томатной пасты

Водный след (Water Footprint, WF) — это общий объем пресной воды, используемый для производства товара или услуги, суммированный по всей цепочке создания стоимости. Он состоит из трех компонентов:

- **Зеленый водный след:** Дождевая вода, испаренная или использованная растениями (в нашем случае — томатами).
- **Синий водный след:** Поверхностная и грунтовая вода, использованная для полива и в производстве, и безвозвратно потерянная (испарившаяся, включенная в продукт, сброшенная в другой бассейн).
- **Серый водный след:** Объем воды, необходимый для разбавления загрязняющих веществ, образующихся в процессе производства, до безопасных, установленных нормативами концентраций.

Шаг 1: Определение границ системы.
Рассчитываем на 1 кг готовой томатной пасты (содержание сухих веществ 28-32%).

Цепочка: выращивание томатов → транспортировка → переработка (мойка, дробление, уваривание, стерилизация, фасовка) → логистика.

Шаг 2: Расчет водного следа выращивания томатов (Самый весомый вклад!).

Используются региональные или среднемировые коэффициенты.

- **Среднемировой WF свежих томатов: ≈ 110 литров/кг**
Состав: преимущественно зеленый след (дождевая вода), но в интенсивном сельском хозяйстве — большой синий след (полив).
- **Учет климата:** В засушливых регионах (например, Испания, Калифорния) с капельным орошением синий след будет выше.
- **Пересчет на пасту:** Для получения 1 кг пасты (30% сухих веществ) нужно ~ 6 кг свежих томатов (при 5% сухих веществ в сырье). **Вклад стадии выращивания: $110 \text{ л/кг} * 6 \text{ кг} = \sim 660$ литров воды на 1 кг пасты.**

Шаг 3: Расчет водного следа переработки (Промышленный синий и серый след).

- **Прямое водопотребление на заводе:** Вода на мойку томатов, охлаждение, мойку оборудования (CIP), работу парожетторных вакуум-насосов.
- **Норма расхода:** Может составлять 3-10 литров на 1 кг сырья. Возьмем 5 л/кг сырья.
 - Для наших 6 кг томатов: $5 \text{ л/кг} * 6 \text{ кг} = 30$ литров воды.
- **Серый след переработки:** Рассчитывается по формуле:

$$WF_{\text{grey}} = (L * 1000) / (C_{\text{max}} - C_{\text{nat}}),$$

где L — масса загрязняющих веществ (например, БПК, ХПК, азот), сбрасываемых со стоками (в кг/кг пасты).

C_{max} — предельно допустимая концентрация (ПДК) загрязняющего вещества (в мг/л).

C_{nat} — фоновая концентрация в водоеме (обычно принимается за 0).

Шаг 4: Суммирование. Примерная оценка.

- Выращивание (синий+зеленый): **660 л**
- Переработка (синий, прямой): **30 л**
- Переработка (серый, без очистки): **$\sim 16\,700$ л** (но при наличии очистки может упасть до 100-500 л)
- **Итоговый оценочный WF 1 кг томатной пасты: от ~ 800 до $>17\,000$ литров,** в зависимости от эффективности очистки стоков.

Тема 7. Практические задачи и кейсы

Партия яблок поздних сортов. Цель — сохранение до 8 месяцев. Выберите метод хранения (обычное, PГС, ULO) и обоснуйте выбор. Какие параметры среды (температура, состав газа) вы будете поддерживать и почему?

Оцените экономию от внедрения системы CIP (многократной циркуляционной мойки) с повторным использованием последних промывных вод. Дано: Расход воды на мойку — 5 м^3 , в день 2 мойки. Стоимость воды и стоков — 100 руб./м^3 .

Разработайте принципиальную схему мини-завода по производству сублимированных ягод с минимальным водным следом и утилизацией всех отходов (мятые ягоды, листья).

Предложите, как можно использовать тепло конденсатора холодильной установки для цеха шоковой заморозки овощей. На какие нужды завода это тепло можно направить?

Рекомендации по подготовке:

1. **Учите не только «что», но и «почему» и «как».** Важно понимать физико-химическую суть процессов.
2. **Анализируйте взаимосвязи.** Как изменение одного параметра (например, температуры сушки) влияет на качество, энергозатраты и скорость процесса.
3. **Изучайте реальные кейсы и патенты.** Смотрите сайты ведущих НИИ (ВНИИЗ, ВНИИПБ и ВВ, ВНИИКП) и профильных компаний («Агроинвестпроект», «Биохиммаш»).
4. **Тренируйтесь в расчетах.** Уделите время материальным и энергетическим балансам — это основа технико-экономического обоснования.
5. **Следите за трендами:** «Зеленая» химия, экономика замкнутого цикла, альтернативные источники белка, персонализированное питание.

Литература для подготовки

1. Гореньков, Э. С. Технология хранения и переработки продукции растениеводства с основами стандартизации [Текст] : учебник для вузов / Э. С. Гореньков, А. Ф. Федоренко, А. А. Аристов. — 3-е изд., перераб. и доп. — СПб. : Лань, 2019. — 624 с. — ISBN 978-5-8114-3797-7.
2. Дробот, М. И. Ресурсосберегающие технологии в пищевой промышленности [Текст] : учебное пособие / М. И. Дробот, В. А. Панфилов. — М. : ДеЛи принт, 2016. — 292 с. — ISBN 978-5-94343-317-7.
3. Мачихин, Ю. А. Технологические процессы пищевых производств [Текст] : учебник / Ю. А. Мачихин, С. А. Мачихин. — 2-е изд., стер. — СПб. : Лань, 2020. — 688 с. — ISBN 978-5-8114-4853-9.
4. Панфилов, В. А. Инновационные технологии в переработке растительного сырья [Текст] : монография / В. А. Панфилов, А. М. Меренков. — М. : Изд-во РУДН, 2017. — 183 с. — ISBN 978-5-209-07754-1.
5. Технология бродильных производств [Текст] : учебник / Л. Н. Баранова [и др.] ; под общ. ред. Л. Н. Барановой. — 3-е изд., испр. и доп. — СПб. : Профессия, 2018. — 552 с. — ISBN 978-5-93913-381-3.
6. Широков, Е. П. Технология хранения и переработки плодов и овощей с основами стандартизации [Текст] : учебник / Е. П. Широков, В. И. Полегаев. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : КолосС, 2010. — 415 с. — ISBN 978-5-9532-0722-5.
7. Базарнова, Ю. Г. Принципы «зеленой химии» в пищевой и перерабатывающей промышленности [Текст] / Ю. Г. Базарнова, А. С. Харченко // Известия вузов. Пищевая технология. — 2019. — № 2-3. — С. 7-12.

8. Бердников, В. Ф. Малоотходные и ресурсосберегающие технологии в пищевой промышленности [Текст] : учебное пособие / В. Ф. Бердников, С. А. Хамагаева. — Улан-Удэ : Изд-во ВСГУТУ, 2015. — 111 с. — ISBN 978-5-91971-074-7.

9. Колесников, В. А. Водный и углеродный след агропродовольственных систем: методология и практика оценки [Текст] : монография / В. А. Колесников, М. В. Славянов. — Краснодар : КубГАУ, 2021. — 156 с. — ISBN 978-5-00097-935-0.

10. Современные технологии хранения зерна [Текст] : практическое руководство / А. Ф. Атурин [и др.] ; под ред. В. Ф. Атурина. — М. : Росинформагротех, 2020. — 288 с. — ISBN 978-5-7367-1552-4.

11. Химия и физика полимеров для переработки вторичного сырья в пищевой промышленности [Текст] : коллективная монография / С. Д. Артемов [и др.] ; под ред. Л. А. Островской. — Воронеж : ВГУИТ, 2018. — 198 с. — ISBN 978-5-00032-494-3.

12. Иванова, Т. Н. Применение импульсных электрических полей для интенсификации процессов экстракции и сушки растительного сырья [Текст] / Т. Н. Иванова, П. С. Дмитриев // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2022. — № 5. — С. 45-57. — DOI: 10.36107/ес.v12i5.1234.

13. Петров, А. Н. Развитие экономики замкнутого цикла в агропромышленном комплексе: утилизация побочных продуктов переработки зерна [Текст] / А. Н. Петров, О. Л. Сидорова // Пищевая промышленность. — 2021. — № 8. — С. 18-23.

14. Семенова, Е. А. Мембранные технологии как основа создания замкнутых водооборотных циклов на предприятиях пищевой промышленности [Текст] / Е. А. Семенова // Вестник МГУПП. — 2020. — № 1 (15). — С. 32-38.

15. Федорова, И. В. Цифровые двойники в управлении ресурсосберегающими технологическими процессами сушки и хранения зерна [Текст] / И. В. Федорова, К. А. Борисов // Труды ВНИИЗ. — 2023. — Т. 189, № 1. — С. 112-125.

Интернет-ресурсы и нормативная база

1. Водный след: концепция и расчеты [Электронный ресурс] // Water Footprint Network : [офиц. сайт]. — 2022. — URL: <https://waterfootprint>.

2. Информационно-аналитическая система «Техэксперт: Пищевая промышленность» [Электронный ресурс]. — М. : Проспект, 2024. — Режим доступа: для подписчиков. — Загл. с экрана.

3. Межгосударственный стандарт ГОСТ ISO 14046-2021 «Экологический менеджмент. Водный след. Принципы, требования и руководство» [Электронный ресурс] // ФГУП «Стандартинформ». — 2021. — URL: <http://protect.gost.ru>

4. Официальный сайт Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН [Электронный ресурс]. — М., 2024. — URL: <https://fncps.ru>

5. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 04.11.2023) «Об охране окружающей среды» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс : справочно-правовая система. — 2024.

Методические рекомендации
критериев проверки (оценивания) олимпиадных заданий заключительного
этапа

Олимпиада по направлению 19.04.02 Продукты питания из растительного
сырья/

Ресурсосберегающие технологии хранения и переработки растительного
сырья

Критерии проверки.

Вариант заключительного этапа Олимпиады по направлению 19.04.02 Продукты питания из растительного сырья/Ресурсосберегающие технологии хранения и переработки растительного сырья включает в себя 4 задания разного тип. Каждое задание оценивается от 0 до 25 баллов. Наибольшая итоговая сумма баллов, которой могут быть оценены ответы на все вопросы олимпиадного варианта при условии отсутствия в них ошибок, неправильных, неполных или неточных ответов, равна 100. Неверные ответы оцениваются в 0 баллов. Возможен частичный зачёт баллов за неполный ответ на задание. Под неполным понимается ответ, содержащий правильные ответы не на все вопросы задания. В таком случае присуждается только часть баллов за правильные ответы задания, соответствующая доле от максимально возможного балла. Подсчёт итоговой оценки за задание осуществляется путём суммирования баллов, выставленных за каждый из вопросов.

Тип задания	Количество заданий в варианте	Критерий оценивания	Максимальное количество баллов за задание
Вопрос 1-2. Дать развернутый теоретический ответ, знание терминологии и процессов	1	Ответ изложен грамотным научным языком, даны описания всех терминов и описаны процессы. При отсутствии ответа - 0 баллов. При частичном ответе 10-15 баллов.	25
Вопрос 3-4. Решение кейс-задачи	1	За каждый правильный этап решения и пояснения	25

		<p>правильно – 25 баллов.</p> <p>если представлен частичный ответ (есть решение, но нет пояснения) - 10-15 баллов.</p> <p>Если ответ неверен или ответ отсутствует – 0 баллов.</p>	
--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Детальный разбор задания с указанием количества баллов за составляющие задания (из чего складывается общий балл).

Пример подобного варианта:

Задача 4.

Расчет водного следа для томатной пасты

Всего: 25 баллов.

Критерии проверки (оценивания)

Критерий	Балл
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Правильно даны описания : зеленого следа, синий след, серый водный след	5
Дан расчет водного следа выращивания томатов	10
Дан расчет водного следа переработки	5
Указаны ответы на сопутствующие вопросы	5
Дан верный ответ по всем пунктам	25