ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 3

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME - 3

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

УДК 665.3.099.73.011.8

АНАЛИЗ УСТАНОВКИ И РАСЧЕТ ИК-УСТАНОВКИ ОБРАБОТКИ МЯТКИ МАСЛИЧНЫХ СЕМЯН МЕТОДОМ СИСТЕМНОГО МЫШЛЕНИЯ

Артиков А.
Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан
Файзиев Э.У.
Бухарский государственный технический университет, Бухара, Узбекистан
Нарзиев М. С.
Бухарский государственный технический университет, Бухара, Узбекистан

Аннотация. В статье представлен анализ установки инфракрасного жарения мятки масличных семян с применением метода системного мышления. Методология включает последовательную декомпозицию установки на квазиобъекты, моделирование тепломассопереноса на микроуровне и синтез комплексной компьютерной модели. Показано, что учёт многоуровневой структуры материала позволяет повысить точность расчёта температурных полей и оптимизировать энергозатраты процесса.

Ключевые слова: системное мышление, инфракрасное жарение, мятка масличных семян, квазиобъект, иерархическая декомпозиция, компьютерное моделирование, оптимизация энергозатрат.

Annotation. The article presents an analysis of the installation of infrared frying of oil seed mint using the method of systematic thinking. The methodology includes sequential decomposition of the installation into quasi-objects, modeling of heat and mass transfer at the microlevel and synthesis of a complex computer model. It is shown that taking into account the multilevel structure of the material makes it possible to increase the accuracy of calculating temperature fields and optimize the energy consumption of the process.

Keywords: systems thinking, infrared frying, oilseed mint, quasi-object, hierarchical decomposition, computer modeling, optimization of energy consumption.

Annotatsiya. Maqolada tizimli fikrlash usulidan foydalangan holda moyli urug‘lar parchalarini infraqizil qovurish qurilmasini tahlil qilish keltirilgan. Metodologiya qurilmani kvaziobyektlarga ketma-ket parchalash, mikrodarajadagi issiqlik va massa almashinuvini modellashtirish hamda kompleks kompyuter modelini sintez qilishni o‘z ichiga oladi. Materialning ko‘p bosqichli tuzilishini

ISSN 3030-3907

hisobga olish harorat maydonlarini hisoblash aniqligini oshirish va jarayonning energiya sarfini optimallashtirish imkonini berishi ko‘rsatilgan.
Kalit so‘zlar: tizimli fikrlash, infraqizil qovurish, moyli urug‘larni yumshatish, kvaziobyekt, ierarxik parchalanish, kompyuterda modellashtirish, energiya sarfini optimallashtirish.

ВВЕДЕНИЕ.

Процесс инфракрасного (ИК) жарения мятки масличных семян является сложным теплофизическим процессом, эффективность которого определяется согласованным взаимодействием конструктивных элементов установки и физико-химических превращений в материале. ИК-нагрев обладает рядом преимуществ перед традиционными методами тепловой обработки: равномерность прогрева, сокращение времени обработки, снижение энергозатрат и улучшение качества готового продукта за счёт уменьшения окислительных процессов [6]. Однако нелинейность процесса, зависимость поглощательной способности материала от длины волны излучения и структуры слоя создают значительные сложности при проектировании и масштабировании оборудования.

Традиционные методы расчёта, основанные на усреднённых теплофизических характеристиках, не позволяют в полной мере учесть микроструктурные изменения в материале и приводят к существенным погрешностям. В данной работе для преодоления этих ограничений применяется метод системного мышления [1–4], позволяющий провести комплексный анализ установки через её последовательную декомпозицию на квазиобъекты. Данный подход уже успешно зарекомендовал себя при анализе выпарных аппаратов в пищевой промышленности, где декомпозиция на нагревательную камеру, стенки кипятильных труб и парожидкостное пространство позволила получить устойчивые характеристики процесса [4].

МЕТОДОЛОГИЯ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Исследование проводилось согласно формализованной методологии системного мышления, изложенной в работах [1–4]. В монографии [1] системное мышление представлено как целостная методология создания и управления инженерными технологиями, включающая этапы субстанционального анализа, иерархической декомпозиции и синтеза. Базовые принципы системного анализа зафиксированы в свидетельстве о депонировании [2], а способ системного мышления для анализа и синтеза оптимальных технических объектов защищён заявкой на изобретение [3].

Методология включает следующие этапы:

ISSN 3030-3907

1. Представление установки ИК-жарения как субстанции, объединяющей материальную часть (конструкция, материал), процесс (тепломассоперенос, химические превращения) и энергию (ИК-излучения, теплота).
2. Иерархическая декомпозиция материальной части на квазиобъекты: ИК-излучатель, слой материала, транспортирующая лента, ограждающие поверхности, бункеры-накопители.
3. Определение для каждого квазиобъекта входных и выходных параметров сопряжённых процессов (теплообмена, влагопереноса, транспортировки).
4. Установление связей между параметрами смежных квазиобъектов.
5. Построение компьютерных моделей квазиобъектов, начиная с наиболее низкого иерархического уровня (отдельная частица → монослой → плотный слой).
6. Синтез комплексной модели установки путём агрегации подмоделей.
7. Оптимизация технологических и конструктивных параметров.

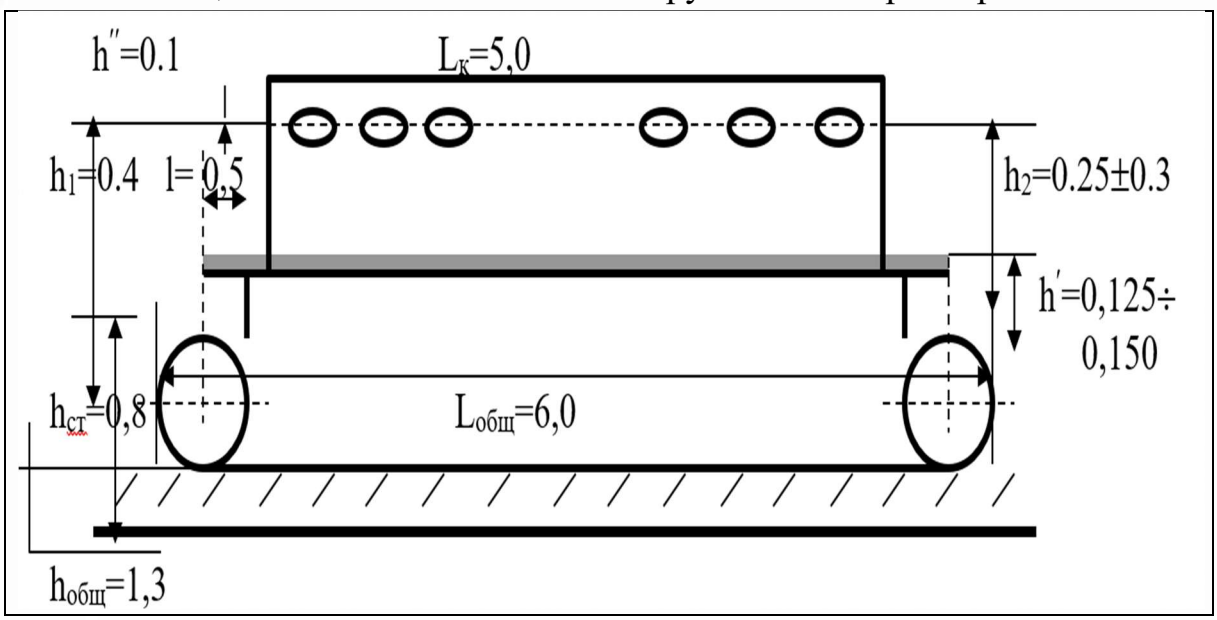


Рис. 1. Принципиальная схема одноярусной полупромышленной установки для термообработки мятки семян хлопчатника.

Ключевым моментом предлагаемой методологии является выделение квазиобъекта «слой мятки», для которого формулируются дифференциальные уравнения тепломассопереноса с учетом переменных оптических свойств материала. Такой подход позволяет преодолеть методологический кризис, наблюдаемый в ряде отраслей агропромышленного комплекса при создании сложных систем «агро-пищевая технология» [5].

Процесс термообработки мятки семян хлопчатника осуществляется путём направленного воздействия ИК-лучей на продукт. Эффективность воздействия зависит от множества факторов: свойств материала, длины

ISSN 3030-3907

волны излучения, высоты расположения ИК-ламп от продукта, а также расстояния между лампами. В нашей работе процесс термообработки осуществляется в прерывистом (импульсном) режиме. Импульсный режим позволяет избежать локального перегрева материала и способствует более равномерному распределению температуры по объёму обрабатываемого слоя [8]. По результатам экспериментальных исследований нами предложены одно- и многоярусный типы ИК-жаровен.

В одноярусной установке предусмотрены зона облучения и зона выдержки (в зоне выдержки ИК-лампы не устанавливаются). В многоярусной ИК-жаровне процесс выдержки происходит в бункерах-накопителях, что обеспечивает дополнительное выравнивание температурного поля и влагосодержания по объему материала.

Конструктивные особенности предлагаемых ИК-установок

4.1.1. Принцип работы многоярусной ИК-жаровни

На основе полученных экспериментальных данных разработана многоярусная полупромышленная установка для ИК-обработки мятки семян хлопчатника (рис. 1).

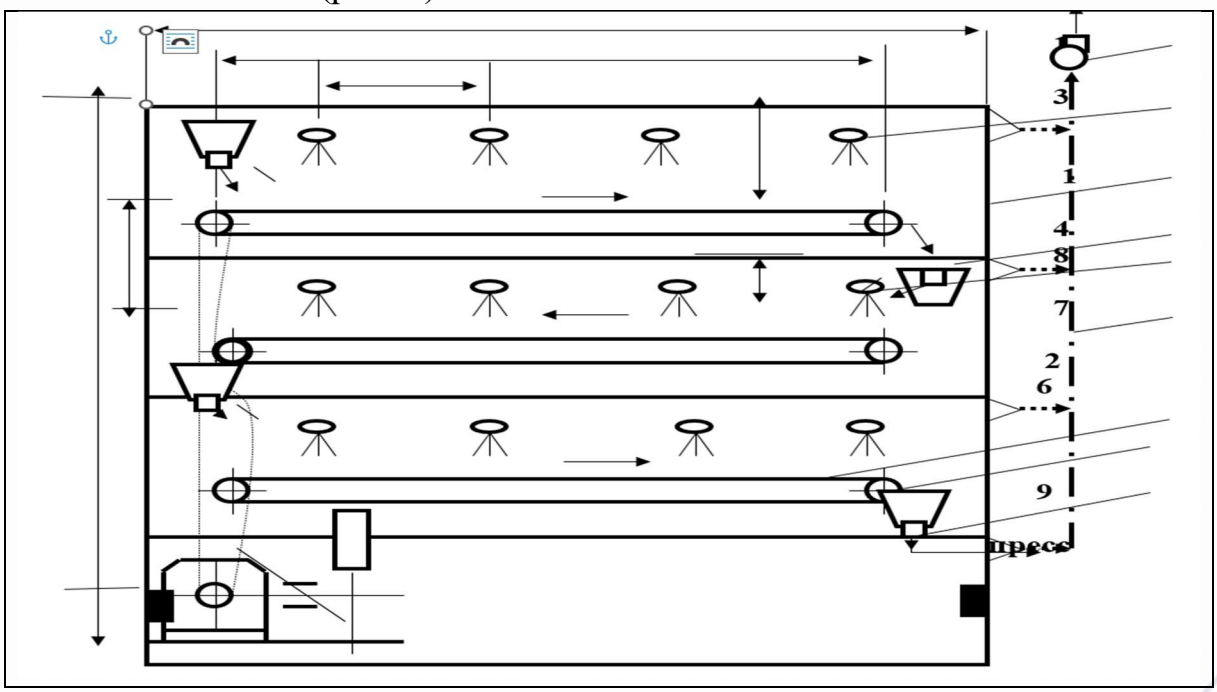


Рис. 2. Принципиальная схема многоярусной полупромышленной

Установка состоит из приводного устройства 5 (редуктор и электродвигатель) для запуска ленточного транспортера 2, блока ИК-ламп 3, специальных перегородок 8 для регулирования толщины слоя материала, заключенных в металлический каркас с обшивкой 1. Для запуска и остановки аппарата установлен электрический щит.

Основание установки выполнено из угольников 50×50 мм, обшитых листовой сталью толщиной 3 мм. Рабочая зона выполнена в трехъярусном

ISSN 3030-3907

исполнении; над каждым ярусом установлены блоки ИК-ламп. Рабочим органом для перемещения мятки выбрана огнестойкая лента толщиной 6–10 мм. Над каждым ярусом предусмотрены вентиляционные установки, соединенные с циклоном трубой диаметром 20 мм. Для удаления испарившейся влаги служат вентиляционные люки, объединенные в общую систему с вентилятором.

Ленточный конвейер предназначен для перемещения материала сплошным слоем через всю длину конвейера в верхнем и нижних ярусах, не имея холостых ветвей. После каждого яруса расположены бункеры-накопители для выдержки мятки в течение заданного времени. Для равномерной подачи продукта бункеры снабжены распределяющими перегородками из листовой стали толщиной 2 мм и клапанами на переходных патрубках.

4.1.2. Принцип работы одноярусной ИК-жаровни

В одноярусной установке (рис. 2) реализован принцип последовательного прохождения материалом зон облучения и выдержки на одном транспортном полотне. Такая конструкция отличается простотой и меньшей металлоемкостью. Мятка из бункера-накопителя поступает на ленту, где последовательно обрабатывается в зонах облучения, чередующихся с зонами выдержки. После прохождения всех зон обработанный материал направляется в пресс для извлечения масла. Одноярусная схема предпочтительнее при производительностях до 10 т/сутки благодаря компактности и удобству обслуживания.

Конструктивный расчет одноярусной ИК-жаровни

Предлагаемая установка рассчитана на производительность 10 т/сутки, что обеспечивает работу одного маслоэкстракционного пресса.
Производительность установки рассчитывается по формуле:

$$G=L\cdot l\cdot h\cdot \rho\tau G=\tau L\cdot l\cdot h\cdot \rho$$

где LL — длина рабочей камеры, м; ll — ширина транспортера, м; hh — высота слоя материала, м; ρρ — плотность мятки, кг/м³; ττ — общая продолжительность обработки, с.

Ширина транспортера выбирается исходя из длины используемых ИК-излучателей (тип КГТ-220-500, длина 0,5 м). Принимаем l=0,5l=0,5 м.
Общая длина ИК-жаровни складывается из длины рабочей камеры и длин загрузочной и разгрузочной зон:

$$L\text{общ}=L+L\text{заг}+L\text{раз}L\text{общ}=L+L\text{заг}+L\text{раз}$$

где Lзаг=0,5Lзаг=0,5 м, Lраз=0,5Lраз=0,5 м. Тогда Lобщ=6,0Lобщ=6,0 м.
Длина ленты:

ISSN 3030-3907

Lленты=(Lобщ+Lбар)×2=(6,0+0,5)×2=13,0 м*L*ленты=(*L*общ+*L*бар)×2=(6,0+0,5)×2=13,0 м

Где Lбар*L*бар— длина окружности ведущего и ведомого барабанов (принимаем Lбар=0,25×2=0,5*L*бар=0,25×2=0,5 м).

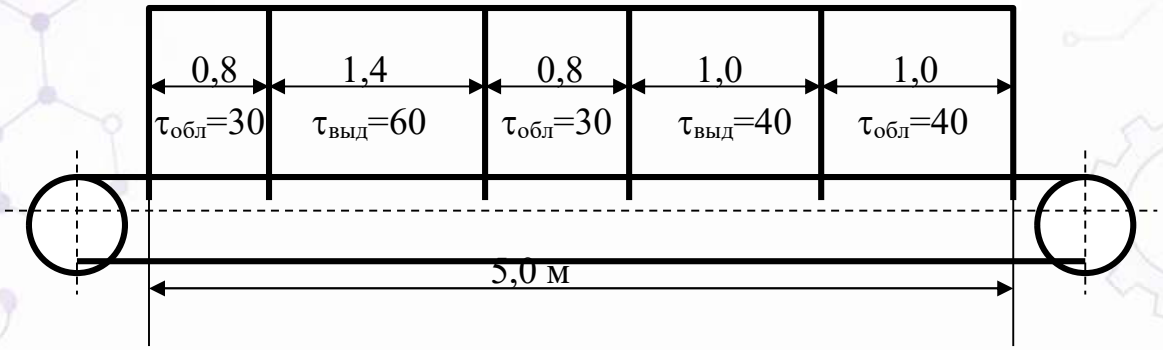
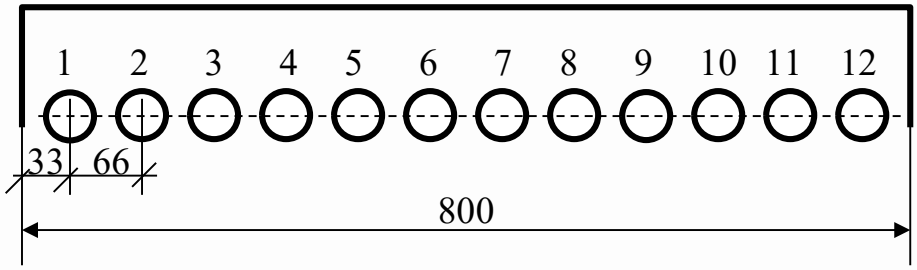
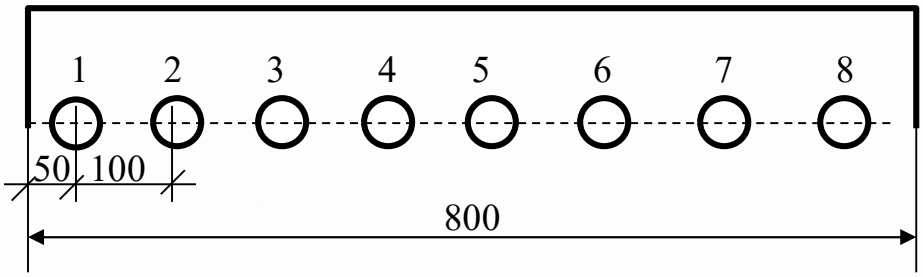
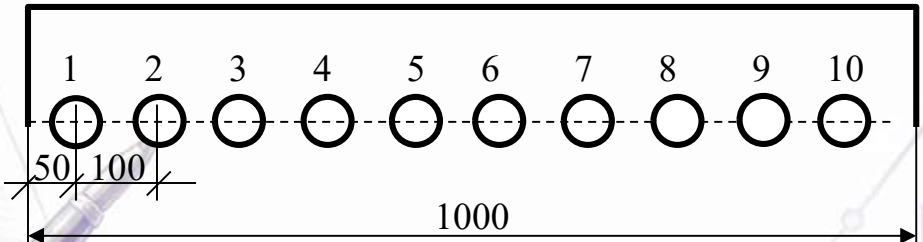


Рис. 3. Расчетная схема рабочей камеры по зонам облучения и выдержки.



Во второй зоне Q=4000 Вт, 4000/500=8 штук ИК-ламп, расстояние между лампами 800 /8=100 мм.





По экспериментальным данным определены геометрические параметры расположения излучателей: расстояние от центра ведущего барабана до центра ИК-излучателей h1=400*h*1=400 мм, расстояние от излучателя до поверхности материала h2=250*h*2=250 мм, расстояние от

ISSN 3030-3907

излучателя до экранирующей поверхности h′′=100h''=100 мм. Общая высота установки:

Нобщ=hст+h1+h′′=0,8+0,4+0,1=1,3 мHобщ=hст+h1+h''=0,8+0,4+0,1=1,3 м

Длины зон облучения и выдержки определяются исходя из заданных времен обработки при скорости ленты v=0,0139v=0,0139 м/с:

- Зона первого облучения (τобл1=30τобл1=30 с): Lобл1=0,8Lобл1=0,8 м
- Зона первой выдержки (τвыд1=60τвыд1=60 с): Lвыд1=1,4Lвыд1=1,4 м
- Зона второго облучения (τобл2=30τобл2=30 с): Lобл2=0,8Lобл2=0,8 м
- Зона второй выдержки (τвыд2=40τвыд2=40 с): Lвыд2=1,0Lвыд2=1,0 м
- Зона третьего облучения (τобл3=40τобл3=40 с): Lобл3=1,0Lобл3=1,0 м

Тепловой расчет ИК-установки

Для обеспечения необходимой интенсивности теплового потока определяем в каждой зоне плотность падающего потока ЕпEп и потребляемую мощность ИК-излучателей.

Энергия, затраченная на нагрев материала:

$$Q=G\cdot c_M\cdot\Delta t$$

где GG — производительность установки, кг/с (G=0,115G=0,115 кг/с); cMcM — теплоемкость мятки (cM=1500cM =1500 Дж/(кг·К)).

По зонам обработки:

- Первый импульс (нагрев с 20 до 60 °С, Δt=40Δt=40 °С): Qобл1=6900Qобл1 =6900 Вт → принимаем 7000 Вт.
- Второй импульс (нагрев с 50 до 70 °С после выдержки, Δt=20Δt=20 °С): Qобл2=3450Qобл2=3450 Вт → принимаем 4000 Вт.
- Третий импульс (нагрев с 55 до 85 °С, Δt=30Δt=30 °С): Qобл3=5175Qобл3 =5175 Вт → принимаем 5000 Вт.

Суммарная энергия, затраченная в зонах облучения:

$$Q_{обл}=Q_{обл1}+Q_{обл2}+Q_{обл3}=6,0+4,0+5,0=15,0\ кВт$$

$$Q\text{обл}=Q\text{обл1}+Q\text{обл2}+Q\text{обл3}=6,0+4,0+5,0=15,0\ кВт$$

В качестве источников ИК-излучения выбраны генераторы типа КГТ-220-500, максимум интенсивности которых находится в диапазоне длин волн λ=1,1…1,3λ=1,1…1,3 мкм, что соответствует наибольшей пропускательной способности материала.

Плотность теплового потока по зонам (при площади поверхности материала FмFм):

- Зона 1: Fм=0,4Fм=0,4 м², q1=Q/Fм=7000/0,4=17500q1=Q/Fм =7000/0,4=17500 Вт/м²
- Зона 2: Fм=0,4Fм=0,4 м², q2=4000/0,4=10000q2=4000/0,4=10000 Вт/м²

ISSN 3030-3907

• Зона 3: Fм=0,5*F*м=0,5 м², q3=5000/0,5=10000*q*3=5000/0,5=10000 Вт/м²

Количество ИК-ламп в зонах и расстояние между ними:

• Зона 1 (длина 0,8 м): 12 ламп, шаг 66 мм
• Зона 2 (длина 0,8 м): 8 ламп, шаг 100 мм
• Зона 3 (длина 1,0 м): 10 ламп, шаг 100 мм

Математическое моделирование тепломассопереноса

Для описания процесса распространения тепла в слое мятки при импульсном ИК-воздействии предлагается использовать систему дифференциальных уравнений тепломассопереноса в цилиндрических координатах (частица семени аппроксимируется цилиндром конечных размеров). Аналитическое решение подобных уравнений для масличных семян при ИК-нагреве позволяет определить нестационарные поля температур и влагосодержаний в материале [8].

В рамках системного подхода модель строится иерархически:

1. **Микроуровень** — отдельная частица. Уравнение теплопроводности с внутренним источником тепла, обусловленным поглощением ИК-излучения. Теплофизические свойства частицы зависят от температуры и влагосодержания.

2. **Мезоуровень** — монослой частиц. Учет взаимного экранирования излучения частицами, переизлучения между ними.

3. **Макроуровень** — плотный слой движущегося материала. Модель идеального вытеснения с распределенными параметрами по длине зоны облучения.

Для слоя дисперсного материала, взятого в виде неограниченной пластины, возможно аналитическое нахождение нестационарных полей влагосодержаний и температуры [9]. Такой подход применим для оценки средних по слою характеристик процесса.

Оптимизация энергозатрат

Импульсный режим ИК-обработки позволяет снизить удельные энергозатраты за счет сокращения времени облучения и использования эффекта выдержки для выравнивания температурного поля. Экспериментально установлено, что для достижения требуемого режима (начальная температура мятки 20–25 °С, влажность 23–25 %; конечные параметры: температура 82–85 °С, влажность 4–5 %) оптимальным является трехкратное импульсное воздействие с продолжительностью облучения 30–40 с и выдержкой 40–60 с.

Современные исследования показывают, что применение автоматизированных систем управления позволяет дополнительно снизить удельное энергопотребление при ИК-сушке масличных материалов.

ISSN 3030-3907

Внедрение систем автоматического регулирования мощности излучателей в зависимости от температуры материала может обеспечить дополнительную экономию энергии до 15–20 % [12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Применение метода системного мышления [1–4] к анализу установки ИК-жарения мятки масличных семян позволило:

1. Провести обоснованную декомпозицию системы на квазиобъекты с выделением иерархических уровней.
2. Разработать комплексную математическую модель, объединяющую процессы тепломассопереноса на микро-, мезо- и макроуровнях.
3. Выполнить конструктивный и тепловой расчет полупромышленной установки производительностью 10 т/сутки, определив геометрические параметры, количество ИК-излучателей и режимы работы.
4. Обосновать эффективность импульсного режима обработки и показать пути оптимизации энергозатрат.

Разработанная методология и полученные результаты могут быть использованы при проектировании и модернизации оборудования для терморадиационной обработки масличных семян и другого дисперсного пищевого сырья. Дальнейшие исследования предполагают разработку автоматизированной системы управления процессом на основе нейросетевых алгоритмов для прогнозирования оптимальных режимов обработки в реальном времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артиков А. Системное мышление в процессе создания и управления инженерными технологиями: монография / под ред. Ю.Н. Абдуллаева. — Ташкент, 2023. — 216 с.
2. Артиков А. Тизимли тахлилга кириш. Свидетельство о депонировании объектов авторского права № 000300. Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. 10.11.2016.
3. Артиков А., Абдуллаев Ю.Н., Усманов Б.Ш. Способ системного мышления для анализа и синтеза оптимальных технических объектов. Заявка на изобретение IAP 20250424 от 12.07.2025.
4. Артиков А., Нарзиев М., Мусаева Н. System thinking in the analysis of the juice evaporation plant in the food industry // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2022. — Vol. 1112. — P. 012095.
5. Кафаров В.В., Дорохов И.Н., Липатов Л.Н. Системный анализ процессов химической технологии. — М.: Наука, 1982. — 344 с.

ISSN 3030-3907

6. Ильясов С.Г., Красников В.В. Физические основы инфракрасного облучения пищевых продуктов. — М.: Пищевая промышленность, 1978. — 358 с.
7. Саидмуратов У.А., Уринов И.У. Математическое моделирование тепло-массообменных процессов при инфракрасном термообработке мятки семян хлопчатника // Химические технологии. — CyberLeninka.
8. Voronenko B.A., Demidov A.S., Demidov S.F. The analytical solution of differential equations of heat and moisture transfer in infrared heating oil seeds // Processes and Food Production Equipment. — 2012. — № 1(13).
9. Буляндра А.Ф., Дущенко В.П., Луцик Ю.П. и др. Аналитическое исследование внутреннего массо- и теплопереноса в дисперсных пищевых продуктах при их сушке ИК-излучениями // Тезисы докладов Всесоюзной научной конференции по новым физическим методам обработки пищевых продуктов. — Воронеж, 1968. — С. 53.
10. Rudobashta S.P., Kartashov E.M., Zueva G.A. Heat and Mass Transfer in the Drying of a Cylindrical Body in an Oscillating Magnetic Field // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. — 2018. — Vol. 91, Issue 1. — P. 225–235.
11. Голдовский А.М. Теоретические основы производства растительных масел. — М.: Пищепромиздат, 1958. — 446 с.
12. Сафаров А.Ф. Влаготепловая обработка масличных культур: Дис. … докт. техн. наук. — Ташкент, 1991. — 297 с.

ISSN 3030-3907