

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**БУХАРСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ И ЛЕГКОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

На правах рукописи

УДК 664.665.043

**Одинаев Рустам Собирович**

**«Совершенствование процесса получения масла из ядер орехоплодных  
культур»**

**5А 520713 – “Машины и агрегаты пищевой промышленности”**

**ДИССЕРТАЦИЯ**

**на соискание академической степени магистра**

**Научный руководитель:**

**доц. Гафуров К.Х.**

**Бухара-2009**

## Содержание

Введение.....	2
Глава 1. Современное состояние процесса тепловой обработки ядер орехоплодных культур для извлечения масла.....	7
§ 1.1. Анализ существующих способов и установок для термообработки и сушки масличных ядер и семян.....	7
§ 1.2. Технология производства масла из ядер орехоплодных культур.....	17
§ 1.3. Характеристика арахисового масла.....	24
§ 1.4.Изменение физиолого-биохимических свойств ядер орехоплодных культур и качества масла при тепловой обработке.....	26
Глава 2. Экспериментальное исследование процесса тепловой обработки ядер орехоплодных культур.....	38
§2.1.Описание лабораторной экспериментальной установки для термообработки ядер орехоплодных культур.....	38
§2.2 Методика проведения экспериментов.....	40
§2.3 Проведение экспериментов и обработка результатов.....	49
Глава 3. Расчет установки для тепловой обработки ядер орехоплодных культур.....	59
§3.1. Описание установки.....	59
§3.2. Расчет конструктивных параметров.....	60
§3.3. Тепловой расчет установки.....	62
§3.4. Расчет ожидаемого экономического эффекта от совершенствования процесса получения масла из ядер арахиса на единицу продукцию .....	63
Выводы.....	65
Список используемой литературы. ....	66
Приложения.....	69

## ВВЕДЕНИЕ

В книге «Мировой финансово-экономический кризис, пути и меры по его преодолению» [1] Президент Республики Узбекистан И.А.Каримов подчеркивает: «У нас есть сегодня все основания заявить о том, что принятая нами модель перехода к социально ориентированной свободной рыночной экономике, базирующейся на известных пяти принципах, с каждым годом нашего продвижения вперед оправдывает свою правильность и состоятельность.

Реализуемая сегодня взвешенная, всесторонне продуманная политика по реформированию, либерализации и модернизации, в первую очередь экономики страны, диверсификации ее структуры создали достаточно мощный заслон, можно сказать, прочный надежный буфер, предохраняющий нас от негативных воздействий кризисов и других угроз».

Действительно в настоящее «кризисное» время предпринятые Президентом и Правительством Республики Узбекистан меры по защите экономики страны от последствий мирового финансово-экономического кризиса дают «скромные», но достаточно убедительные результаты.

Основной упор делается на наращивание и модернизацию существующих производств, организацию импортозамещающей и экспортоориентированной продукции.

На современном этапе развития пищевой промышленности одна из основных задач состоит в интенсификации технологических процессов при одновременном обеспечении высокого качества продукции, а также в разработке и внедрении в производство высокоэффективных безотходных технологий и оборудования, реализующего эти перспективные технологии.

Арахисовое масло широко используется в азиатской, европейской кухне и в кухне США для жарки, фритюра, заправки салатов, для приготовления соусов, для всевозможных холодных блюд. Особенно хорошо в блюдах из теста.

Имеет приятный вкус и запах. Прекрасно сохраняет свои свойства при высоких температурах. Салаты из овощей, приготовленные с использованием арахисового масла не только полезны, но и сокращают расходы масла более чем в 2 раза. Экономия масла во фритюре – почти в 4 раза.

Известно, что арахисовое масло изобрел в 1890 году диетолог, долгое время пытавшийся найти равноценную замену мясу, яйца и сыру.

На сегодняшний день в США и в странах Европы – арахисовое масло является одним из основных диетических продуктов.

В Узбекистане также началось выращивание и переработка этого ценнейшего источника растительного масла. Так ООО «Чамбиль ерэнгоги» при поддержке CNF International и Counterpart International открыло завод по переработке арахиса в Кумкурганском районе Сурхандарьинского вилоята. Основным продуктом новой компании является экологически чистое арахисовое масло – первый коммерческий продукт данного типа, произведенный в Узбекистане.

Арахисовое масло питательный продукт. Оно усиливает чувство сытости, составляет основу диет для снижения веса и особо популярно среди фотомоделей, а также для людей, которые хотели бы максимально сократить потребление мяса в своем рационе.

Арахисовое масло широко применяется в медицине.

В стандартный комплект оборудования для производства масла из ядер арахиса входят: оборудование для приема, транспортировки, хранения семян; оборудование предварительной подготовки семян к отжиму – оборудование для обрушивания семян и удаления лузги, оборудование для тепловой обработки ядер; оборудование для прессования; оборудование для фильтрования и очистки арахисового масла; оборудование для фасовки масла [2].

Процесс подготовки масличного материала к обезжириванию является одной из основных стадий технологии производства растительных масел, в значительной мере влияющей на качество, выход и себестоимость получаемой продукции. Поэтому изыскание и разработка способов совершенствования и интенсификации процесса подготовки маслосодержащих материалов к прессованию имеет актуальное значение.

В настоящее время процесс тепловой обработки в мятки ядер арахиса перед прессованием ведется в шестичанных жаровнях. Теплообработка проводится острым и глухим паром. Все это делает процесс материалоемким, длительность процесса теплообработки приводит к пережарению маслосодержащего материала и другим негативным последствиям, существенно влияющих на выход и качество масла.

Применение нетрадиционных способов подвода энергии для осуществления термообработки ядер арахиса один из основных путей интенсификации процесса.

Важное значение имеет проникновение инфракрасных (ИК) лучей в толщу материала и продуктов. Проникновение ИК-лучей в массу материала предотвращает нагрев его открытой поверхности, существенно влияет на характер распределения

температуры, влажности и давления в продукте, что в свою очередь, влияет на темп разрушения клеток, а также на выход и качество получаемого масла.

Возможность регулирования пространственного распределения лучистого потока позволяет осуществлять нагрев только обрабатываемого продукта, сводя к минимуму потери энергии на нагрев окружающей поверхности.

Разработка оптимальных режимов тепловой обработки ядер арахиса, позволяющих сократить продолжительность процесса, снизить энергозатраты и повысить качество готовой продукции, имеет важное значение для промышленного производства арахисового масла, особенно для фермерских хозяйств, выращивающих арахис.

Решению этой практической задачи посвящена настоящая работа.

Обзор существующих способов энергоподвода, промышленных и опытно – экспериментальных установок для термообработки (сушки) семян масличных культур показывает, что до настоящего времени семена орехоплодных культур, а именно семена земляного ореха, достаточно глубоко не исследованы как объекты термообработки в условиях ИК- энергоподвода.

Установлено, что применение инфракрасного энергоподвода для сушки семян хлопчатника [3], термообработки мятки семян хлопчатника [4, 5] и ядер плодовых косточек [6] способствует к интенсификации процессов, улучшению качества и увеличению выхода конечного продукта (хлопкового и косточкового масла, а также хлопкового белка). Исследование процессов, протекающих в семенах при термообработке (сушке) в условиях ИК- энергоподвода, и выявление характера влияния различных факторов на выход и качество конечного продукта дадут возможность целенаправленно улучшать качество и увеличить выход арахисового масла.

Таким образом, **целью** настоящей диссертационной работы является совершенствование процесса термообработки с применением ИК- энергоподвода, обоснование рациональных режимов термообработки ядер арахиса, выдача конкретных практических рекомендаций по реализации режимов термообработки и создание эффективной установки для термообработки.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие **задачи исследования:**

- изучение общих био-физико-химических характеристик ядер арахиса;
- экспериментальное исследование процесса термообработки и выявление характера влияния различных режимов термообработки на выход и качество масла;

- обоснование рациональных режимов термообработки ядер арахиса в условиях ИК-энергоподвода;

- разработка методики инженерного расчета и выработка конкретных практических рекомендаций по аппаратурному оформлению процесса термообработки ядер орехоплодных культур.

**Практическая значимость** работы состоит в следующем:

- в результате проведения экспериментов определены параметры рационального режима ИК-термообработки ядер арахиса в условиях импульсного режима облучения;

- разработан способ извлечения масла из ядер арахиса и использованием импульсного ИК-облучения;

- проведен инженерный расчет установки для термообработки ядер арахиса в условиях импульсной ИК-обработки.

**Научной новизной работы** является: исследование процесса инфракрасной термообработки на выход и качество арахисового масла и определение рациональных параметров (режимов) обработки. Материалы работы докладывались на научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БухТИПиЛП в апреле 2009 г.

Работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений.

## **Глава 1. Современное состояние процесса тепловой обработки ядер орехоплодных культур для извлечения масла**

Технологический процесс тепловой обработки (сушки) масличных семян в зависимости от температуры нагрева, исходной влажности семян и продолжительности теплового воздействия, снижая влажность семян, одновременно вызывает более или менее глубокие изменения физиолого-биохимических свойств семян и качества содержащегося в них масла.

Тепловую обработку (сушку) масличных семян применяют с целью приведения их в стойкое для хранения состояние и с целью доведения их влажности до технологических требований перед обезжириванием.

## §1.1. Анализ существующих способов и аппаратов для термообработки и сушки масличных ядер и семян

Одной из наиболее распространенных маслических культур являются семена подсолнечника. Сушкой семян подсолнечника занимаются давно, поэтому на примере этих семян проследим развитие конвективных способов термообработки (сушки) и сушильных установок для маслосодержащих семян.

Первоначально начинали сушить в жалюзийных сушилках шахтного типа, в которых сушильным агентом является нагретый воздух или смесь воздуха с топочными газами. Затем распространение получили пневматические сушилки типа ЛАУМП, в которых сушка семян происходит во взвешенном состоянии в трубе - сушилке.

Широко используются одно - и двух барабанные сушилки (рис.1.1), а также шахтные сушилки ДСП-32-ОТ (рис.1.2) [7,8].

В перечисленных выше типах сушилок сушильным агентом служит смесь атмосферного воздуха ( $\approx 90\%$ ) с продуктами сгорания газообразного, жидкого или твердого топлива ( $\approx 10\%$ ). Этим сушилкам присущ еще ряд недостатков: длительность обработки, приводящая к перегреву семян, что вызывает повышение кислотного числа жира; потребность в больших производственных площадях, занимаемых сушилками; значительные удельные затраты топлива и электроэнергии.

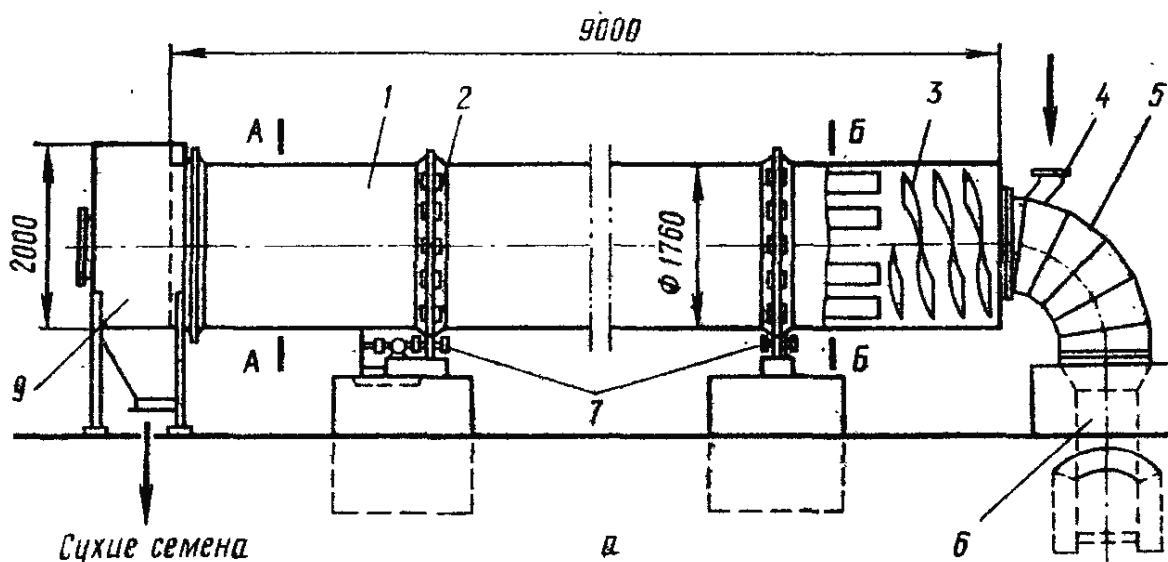


Рис.1.1. Барабанная сушилка для термообработки маслических семян.

1- барабан; 2-чугунный бандаж; 3-двухзаходный шнек; 4-приемный бункер; 5-газоход; 6-топка; 7-ролики.

Известно [9] сушилка для волокнистых материалов, преимущественно для хлопковых семян, в которой материал передвигается шнеком с перфорированными лопастями и высушивается воздухом, подаваемым через перфорированное днище камеры и внутреннюю рубашку, а воздух нагревается паром, подаваемым в наружную рубашку сушилки (рис. 1.3). Недостатком этого аппарата можно считать то, что сушильный агент – воздух – нагревается паром, что делает этот аппарат энерго – и материалоемким, поскольку требуются вспомогательное оборудование и трубопроводы для подачи пара. Кроме того, предназначение аппарата заключается не в подготовке семян к прессованию, а в снижении влажности семян до требуемых значений.

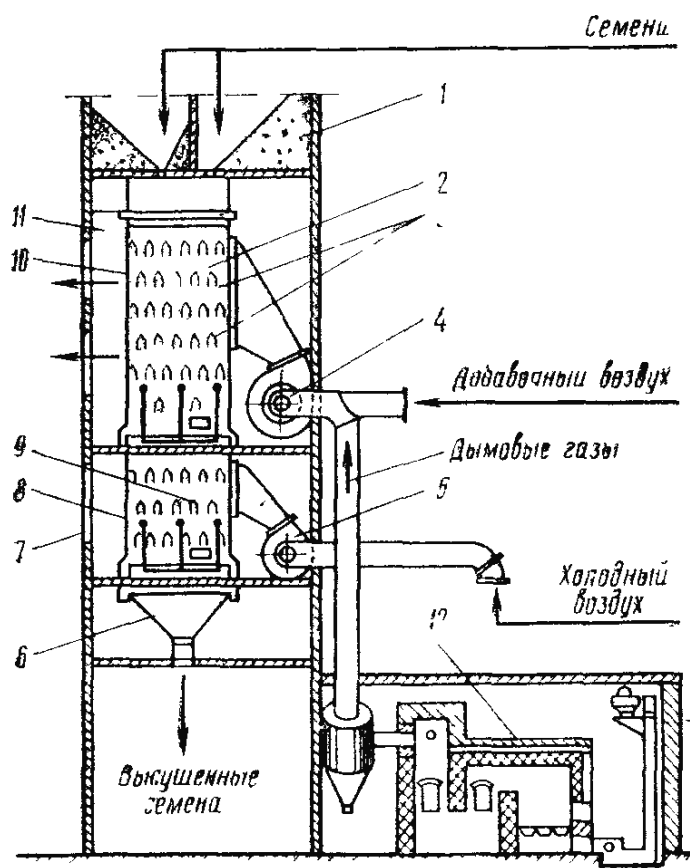


Рис.1.2. Аппарат ДСП-32-ОТ для термообработки (сушки) масличных семян.

1-бункер; 2-зона сушки; 3 и 9- короба;4 и 5 – вентиляторы; 6- приемный бункер; 7-камера; 8-зона охлаждения; 10-шахта; 11-отводящая камера; 12-топка.

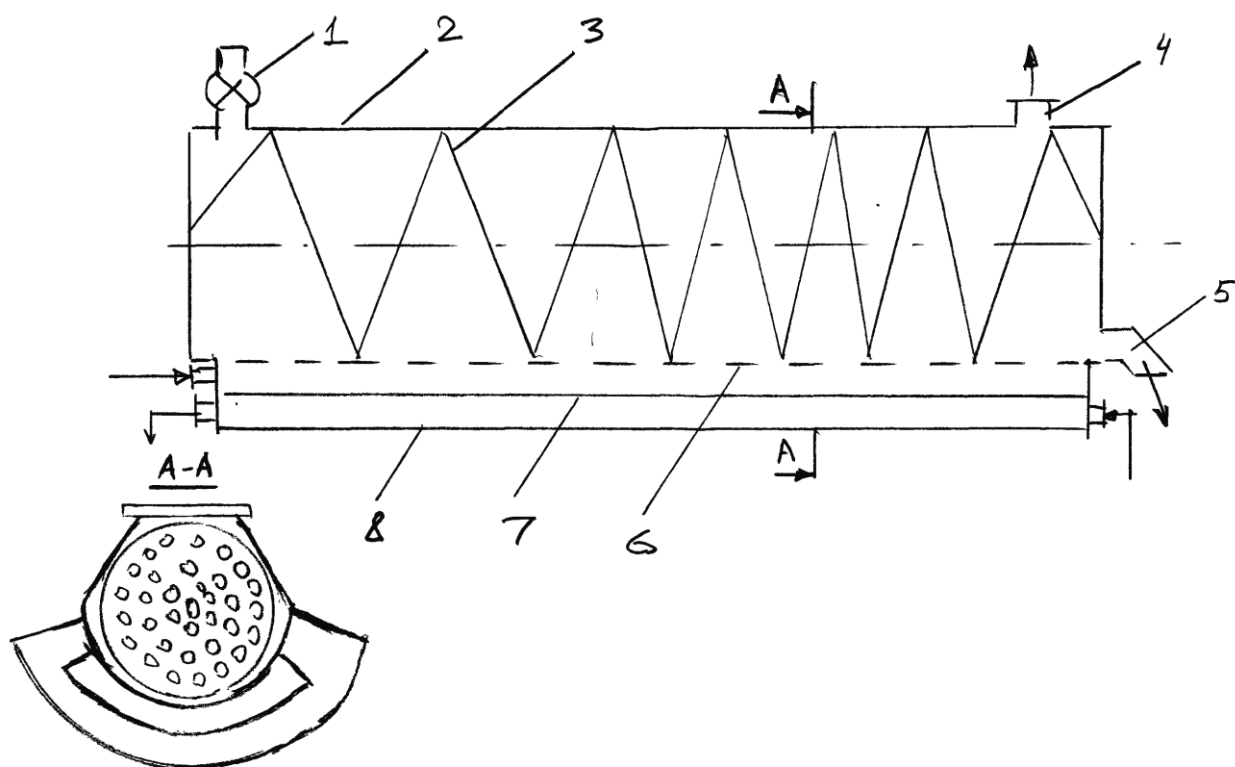


Рис.1.3. Аппарат для термообработки волокнистых семян.

1-загрузочное устройство; 2-цилиндрическая камера; 3-шнек; 4-газоотводящий патрубок; 5-разгрузочное устройство; 6-перфорированное днище; 7-внутренняя рубашка; 8-наружная рубашка.

В производстве косточковых масел для окончательной сушки ядер плодовых косточек перед прессованием применяются трех секционные шнековые испарители, сушка в которых осуществляется через греющие поверхности глухим паром [2]. При этом семена, находящиеся вблизи стенки, нагреваются за счет контактного теплопереноса и трения ядер о стенки паровой рубашки аппарата более интенсивно, чем семена, находящиеся в центре аппарата, т.е. тепловая энергия распределяется по слою ядер неравномерно. Процесс сушки продолжителен (18-20 мин) и семена при этом нагреваются до температуры более  $80^{\circ}\text{C}$ .

Давление пара в рубашках должно быть в пределах 0,3-0,4 МПа, что делает необходимым применение специального котельного оборудования для выработки пара.

Кроме того, трех секционный шнековый испаритель обладает большими габаритными размерами [2].

В технологической линии производства арахисового масла перед прессованием производят влаготепловую обработку мятки семян арахиса в шестичанной жаровне (рис.1.4) [2,8].

Целью такой обработки является изменение физико-механических свойств мятки, уменьшение огромных поверхностных сил, удерживающих масло в мятке при обязательном соблюдении условий, обеспечивающих сохранение природных качеств масла, отживаемого на прессах из жмыхов и лепестковой структуры семян.

Обработанная в жаровне мятка превращается в мезгу. Процесс ведут в два приема при интенсивном перемешивании. Сначала мятка увлажняется острым паром до 8-9 % с одновременным нагревом при помощи этого же острого пара, затем она высушивается и удаляется из аппарата при температуре до  $105^{\circ}\text{C}$ .

Давление пара в рубашках должно быть 0,6 МПа, что делает также необходимым применение специального котельного оборудования для выработки пара. Жаровня обладает большими габаритными размерами и массой 12000 кг, что желает процесс жарения энерго- и материалоемким [8].

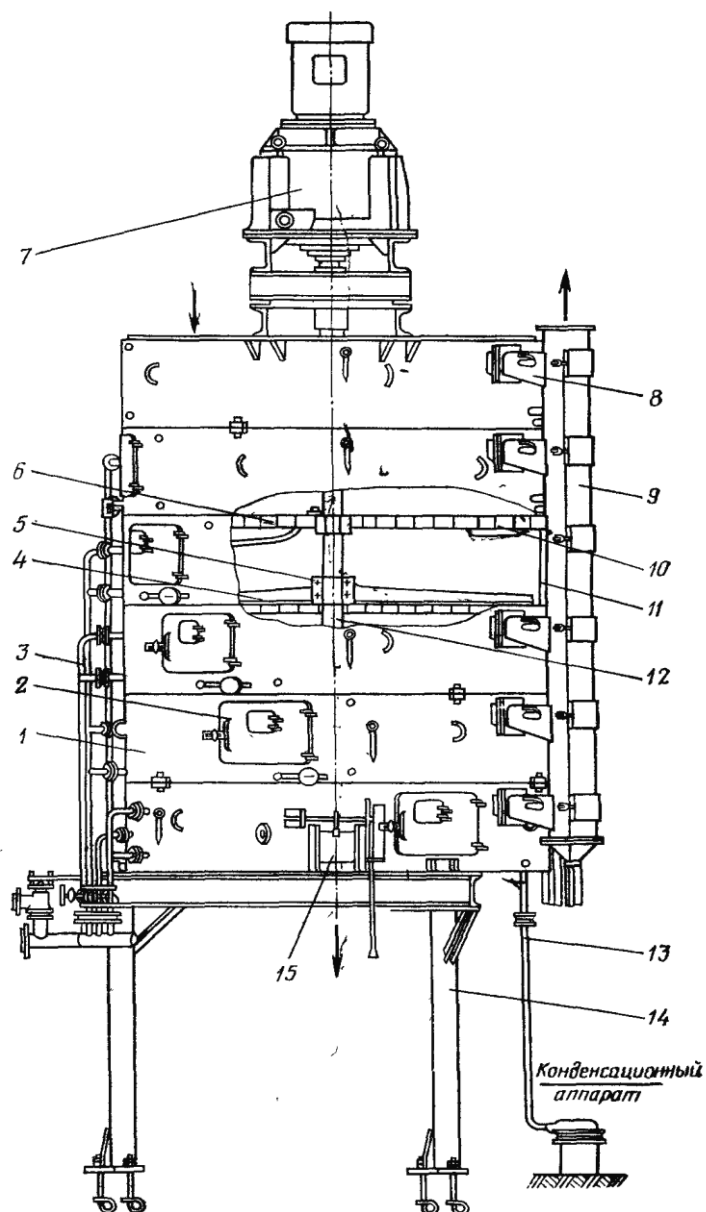


Рис. 1.4. Шестичанная жаровня Ж-61.

1-чан; 2-монтажные люки; 3-трубная пароподводящая система; 4-ножи; 5-муфты; 6 и 11 –паровые рубашки; 7- мотор-редуктор; 8-аспирационные окна; 9-вытяжная труба; 10-нижние отверстия; 12-вал; 13-труба для отвода конденсата; 14-опора; 15- окна для выпуска мезги.

Ядро орехоплодных культур содержит углеводы, белки, жиры и другие ферменты живого семени. Поэтому в нем протекает сложный комплекс биохимических процессов, ход которых оказывает значительное влияние на качество конечных

продуктов переработки сырья. Суммарное воздействие тепла и кислорода воздуха при теплообработке способствует активизации ферментной системы семени, что приводит к интенсивному протеканию нежелательных биохимических процессов – таких, как окисление масла в семенах; денатурация белков; разрушение витаминов, которые, в свою очередь, обуславливают ухудшение технологических свойств ядер и качества получаемого масла.

На основании вышеизложенного, можно заключить, что существующие способы термообработки масличных семян недостаточно эффективны для подготовки семян к обезжириванию, обладают целым рядом существенных недостатков.

В последние годы выполнено большое число исследований механизма тепло – и массообмена при обработке пищевых продуктов в поле электромагнитных волн, в том числе, в поле ИК–излучения [10, 11, 12, 13]. Так, в МТИПП изучалось применение ИК–излучения для сушки семян подсолнечника, термообработки бобов какао и жиросодержащих ядер арахиса, миндаля. В МИНХ проводились опыты по комбинированной термической обработке кунжута с использованием ИК–излучения [12, 10, 11, 13].

В результате исследований, посвященных проблеме сушки семян подсолнечника ИК – конвективным способом, авторы предложили режим радиационно-конвективной сушки, обеспечивающий нагрев семян до 70-75<sup>0</sup>С при температуре воздуха 70<sup>0</sup>С, скорости воздуха 1,6 м/с, при температуре излучателя 300<sup>0</sup>С и расстоянии между ИК – генераторами и продуктом 250 мм [14]. Положительность процесса при этом сокращается в 1,3 раза по сравнению с конвективной сушкой. Сделан вывод, что прерывистые режимы сушки подсолнечника целесообразны с точки зрения снижения температуры нагрева семян и уменьшения удельных затрат электроэнергии. Авторами показана перспективность использования ИК–излучения для целей сушки (термообработки) масличных семян.

Влияние процесса термообработки на качественные показатели ядер миндаля было исследовано в МТИПП [14]. По результатам исследований авторы пришли к выводу, что при термообработке ядер миндаля ИК - лучами увеличивается кислотное число миндального масла, снижается количество перекисей, что свидетельствует о повышении стойкости жира.

При комбинированном способе термообработки миндаля рекомендуется осуществлять радиационный нагрев ядер до 90-100<sup>0</sup>С (при снижении влажности с 6 до 3-4%) и последующую термообработку в поле ТВЧ в течение 2-2,5 мин.

Большой интерес представляют исследования, проведенные в ВНИЗКИПродмаше на экспериментальной установке для сушки и обжарки сыпучих пищевых продуктов в кипящем слое с наложением механических колебаний (рис. 1.5.) [14]. С целью выяснения эффективности воздействия ИК – лучей опыты по термообработке кунжута проводились тремя методами: термообработка ИК лучами, нагретым воздухом и комбинированная термообработка воздухом и ИК лучами. Опыты показали, что комбинированная радиационно–конвективная термообработка значительно интенсифицирует процесс по сравнению с чисто радиационным нагревом, а главное, способствует более равномерной обработке продукта.

В работе [3] исследован процесс сушки семян хлопчатника в условиях комбинированного ИК-СВЧ - конвективного энергоподвода. Определены терморadiационные, диэлектрические и другие характеристики семян хлопчатника: разработан способ и создано устройство для сушки семян хлопчатника ИК-СВЧ – конвективным способом, позволяющий сохранить качество семян.

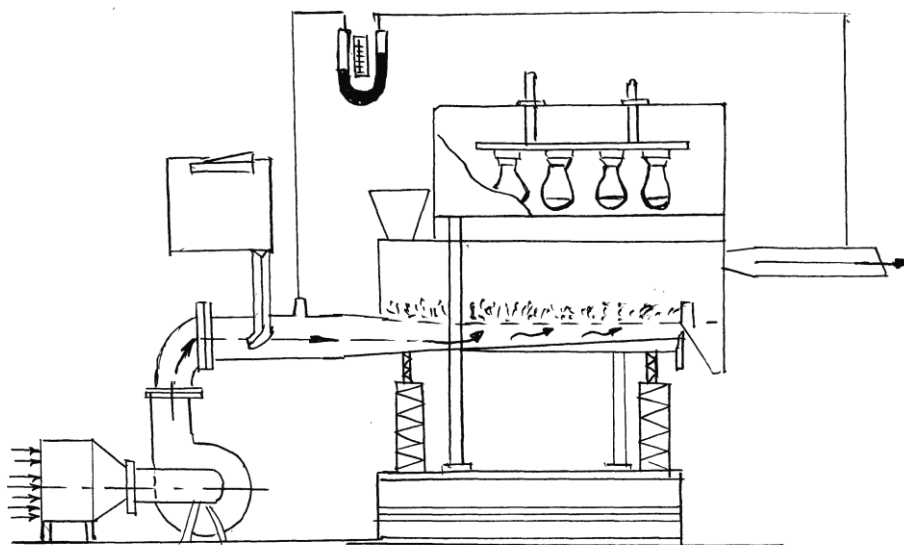


Рис.1.5. Экспериментальная установка для сушки и обжарки сыпучих пищевых продуктов в кипящем слое с наложением механических колебаний

В работе [15] исследовано влияние режимов предварительной термообработки масличных материалов на качественные показатели их масел. Так, в работе [15], в результате проведенных исследований, предложен способ получения растительного масла с улучшенной окраской, ароматом и повышенной устойчивостью из семян кунжута, предварительно обработанных в печи с помощью ИК – лучей.

В последнее время у нас и за рубежом ведутся исследования в области биотехнологической подготовки масличного материала к извлечению масла путем разрушения клетки масличных семян при помощи воздействия различных ферментов – микроорганизмов [16,17,18]. В работе [17] одной из английских фирм предложен новый вид пектиназы, которую вводят в измельчаемые оливы. Установлено, при использовании этого фермента облегчается разрыв стенок клеток плодов, что, в свою очередь, позволяет извлекать большее количество оливкового масла, и снизить стоимость их переработки. В работе [18] рассмотрено воздействие ферментов на клетку масличных семян с целью разрушения. Показано увеличение экстрагируемости и улучшения качества масла. А в работе [16] в качестве воздействующих на клетку сырья ферментов предложены ферменты, извлекаемые из грибковых микроорганизмов, а также протеазные комплексные ферменты.

В последние годы сотрудниками кафедры «ТМО и АПП» БухТИП и ЛП проведена научно-исследовательская работа, посвященная термообработке мятки семян хлопчатника и ядер плодовых косточек в поле ИК–излучения в диапазоне коротких волн. Доказана возможность использования данного способа при подготовке мятки хлопковых семян и ядер плодовых косточек к извлечению масла [19,4,20,22,6].

В работах [19,4,5,20,22,23] представлены результаты большого объема экспериментальных исследований. Здесь получены эмпирические зависимости изменения температуры и влажности мятки и ядер плодовых косточек, выхода прессового хлопкового масла и белка и косточкового масла, качественных показателей конечных продуктов от факторов, влияющих на ход термической обработки мятки семян хлопчатника и ядер плодовых косточек в терморadiационном поле. Рассчитаны конструктивные размеры и определены энергоемкость установки для осуществления, данного процесса. Изучена гидродинамическая структура потоков материала в аппарате термической обработки. На основе результатов проведенных исследований созданы аппараты для термической обработки мятки семян хлопчатника и ядер плодовых косточек.

Однако результаты исследований этих работ невозможно распространить на семена орехоплодных культур из-за различия морфологических, механических, физико-химических, технологических и др. характеристик, геометрической формы ядер орехоплодных культур и семян хлопчатника, хлопковой мятки.

В связи с этим можно сделать вывод о целесообразности исследования процесса термообработки ядер орехоплодных культур (на примере арахиса) в условиях ИК –

энергоподвода с целью совершенствования процесса, сохранения качества и увеличения выхода арахисового масла при прессовании, а также создания высокоэффективного аппарата для термообработки ядер, реализующего предлагаемый способ.

#### §1.2. Технология производства масла из ядер орехоплодных культур

Технология производства масла из ядер орехоплодных культур рассмотрим на примере ядер плодов арахиса (земляного ореха).

Технологическая схема производства арахисового масла состоит из следующих операций [2] (рис.1.6):

**Подготовка к хранению и хранение семян арахиса.** При уборке в семенах арахиса содержится до 50 % влаги. К хранению пригодны семена с влажностью не более 11 %. При большей влажности семена сушат подогретым воздухом и затем охлаждают. Сушка дымовыми газами запрещается. Заготавливаемый арахис в зависимости от качества делится на две группы: первая (базисные кондиции) и вторая (ограничительные кондиции) в соответствии с ГОСТ 17111-71.



Рис.1.6. Технологическая схема получения арахисового масла

Групповые характеристики семян арахиса приведены в табл. 1.1 [2].

**Таблица 1.1. Групповые характеристики семян арахиса**

Показатели	Нормы
<i>Семена арахиса первой группы</i>	
Влажность, %	11
Содержание сорной примеси, %	2
Содержание масличной примеси, %	4
Зараженность вредителями зерновых запасов	Не допускается
<i>Семена арахиса второй группы</i>	
Влажность, %, не более	15,0
Содержание примесей (сорная и масличная, суммарно), %, не более	15,0
В том числе сорной	До 5,0
Семена клещевины	Не допускаются

#### ***Технологическая схема подготовки семян арахиса к прессованию***

Семена арахиса (без кожуры) после взвешивания проходят очистку от металлопримесей, а также от органического и минерального сора. При влажности семян выше 7 % их подсушивают. После сушки семена обрушивают и из рушанки отделяют семенную пленку и зародыш. Отходы пленки и зародыша перерабатывают отдельно для получения технического масла, а ядро используется для выработки пищевого масла.

В случае переработки не семян, а плодов арахиса, последние перед очисткой проходят операцию лущения на специальных машинах. Разделенные при этом семена перерабатываются по ранее приведенной схеме.

#### *Очистка семян*

1. Семена арахиса очищают от растительного и минерального сора в сепараторах ЗСМ-20, ЗСМ-50 и др., а также от металлопримесей путем двукратного пропуска семян через электромагнитные сепараторы.

2. В зависимости от сорта размеры семян арахиса колеблются в следующих пределах: *длина – от 10 до 20 мм, ширина – от 7,5 до 13 мм.*

3. Сита в очистительных машинах подбираются, исходя из размеров семян арахиса: на подситке – сита с отверстиями диаметром от 15 до 20 мм, на основном сите – от 12 до 20 мм, на нижнем сите – 3 мм. При получении кормового жмыха нижние сита в сепараторах заменяются кровельным железом.

4. Сор, полученный сходом с подситка и основного сита, контролируется (обычно семена арахиса выбирают из него вручную).

#### *Сушка семян*

Влажность семян, не превышающая 7,0 %, обеспечивает максимальное их обрушивание при минимальном содержании сечки и масличной пыли.

При влажности более 7,0 % семена подсушивают подогретым воздухом с температурой не выше 120<sup>0</sup>С. Использование при получении пищевого жмыха дымовых газов категорически запрещается.

Для сушки семян могут применяться сушилки любой конструкции, а также чанные жаровни с давлением зарубашечного пара 4-5 кгс/см<sup>2</sup> (0,4-0,5 МПа).

#### *Обрушивание семян и отделение семенной пленки и зародыша*

1. После очистки и сушки семена арахиса подвергают обрушиванию и отвеиванию от семенной пленки и зародыша. Необходимость удаления семенной пленки и зародыша вызывается тем, что вещества, содержащиеся в них, придают маслу и жмыху темный цвет и горький привкус, а также отрицательно влияют на качество масла и жмыха при их хранении. Арахисный жмых, получаемый из семени после отделения пленки и зародыша, относится к категории пищевого жмыха, находящего применение в хлебопекарной, кондитерской и других отраслях промышленности.

2. Обрушивание семян арахиса производят в семенорушках, используемых при переработке семян подсолнечника, но с уменьшенной частотой вращения бичевого барабана (250-150 об/мин).

3. Отвеивание семенной пленки и зародыша производят в семеновейках М1С-50. Основная масса пленки уносится в рукавные фильтры. Зародыш собирается в четвертом или пятом разделе семеновейки. Пленку и зародыш собирают вместе в особом закрое и по мере накопления перерабатывают на кормовой жмых.

4. Условия работы семеновейки такие же, как и при переработке подсолнечных семян. Сита рассева вейки подбираются в зависимости от размеров рушанки, поступающей с семенорушек.

Рекомендуется установка сит следующих размеров, мм:

Рассевы веек	Крупный арахис	Мелкий арахис
1-й ярус	7-8	6-7
2-й ярус	4,6-6	4,5-5
3-й ярус	2,5-3	2,5-3

Ядро из каналов аспирационной вейки направляется на измельчение. Степень отделения пленки от семени арахиса контролируют ежемесячно, при этом определяют содержание пленки в ядре, идущем на вальцы. Содержание пленки в ядре не должно превышать 0,4-0,6 %.

*Подготовка мятки (измельчение ядер)*

Ядро арахиса поступает на измельчение при влажности не более 8,5 %. В случае повышенной влажности семян необходимо еще до очистки подсушить их на сушилках (шахтных или барабанных).

Ядро арахиса предварительно измельчают на однопарной вальцовке с рифлеными валками или на 16-бичевых семенорушках с частотой вращения барабана 550-620 об/мин. Полученную крупку подвергают вторичному измельчению на пятивальцовых станках через один или два прохода (в зависимости от влажности семени) или на плющильных вальцовках.

Не следует производить более тонкого измельчения арахиса перед жаровой форпрессов, так как получающаяся при этом мятка плохо транспортируется нориями, забивает течки, а самое главное, агрегируется в чанах жаровни после увлажнения.

Перед поступлением на жарение мятка освобождается от металлопримесей на возвратно-поступательном сите с ячейками диаметром 5 мм и на вращающемся электромагнитном сепараторе.

*Подготовка мезги (жарение мятки)*

1. Полученная после измельчения ядер арахиса мятка поступает в шести- или пятичанную жаровню.

2. В верхних чанах жаровен или в пропарочно-увлажнительном шнеке поступающую мятку подвергают пропарке острым паром до влажности 8,0-8,5 % при получении кормового жмыха и до влажности 9-10 % при получении пищевого жмыха.

Во втором чане жаровни происходит агрегирование частиц мятки в небольшие комья, легко выделяющие масло при сжатии их рукой.

3. В последующих чанах жаровни мятку подвергают дальнейшей тепловой обработке в самопропаривающихся слоях.

4. Отвод влаги из жаровни производят с помощью естественной аспирации через вытяжные трубы, не допуская подсоса воздуха в чаны жаровни.

5. Готовая мезга, поступающая из жаровни в форпрессы ФП, должна иметь влажность 4,5-5,0 % и температуру 95-100<sup>0</sup>С при получении кормового жмыха; влажность 7-8 % и температуру 95-100<sup>0</sup>С при получении пищевого жмыха.

6. Необходимо строго следить за точностью увлажнения, так как переувлажненная мезга агрегируется в большие комья, не пересыпающиеся в жаровне из чана в чан через перепускные отверстия. Недоувлажнение мятки обуславливает повышенную масличность форпрессой и экспеллерной ракушки.

#### *Прессование*

1. Для использования всей мощности форпрессов по производительности и глубине отжима масла без ухудшения его качества необходимо и поддерживать непрерывное и равномерное поступление мезги в пресс.

2. Нормальный считается такая работа форпресса, при которой наибольшее количество масла вытекает в конце первой и второй секций зеера прессов ФП. По направлению к выходу жмыха интенсивность вытекания масла постепенно падает.

3. Жмых, выходящий из конуса форпресса, подвергают грубому измельчению резаками, установленными на конусе вала.

4. Режим и показатели работы форпресса ФП следующие:

Зазоры между зерными колосниками, мм

I секция 2,0

II секция 1,0

III и IV секции 0,45

Нагрузка на приводной электродвигатель,

A (при напряжении 380 В) 28-34

Частота вращения шнекового вала, об/мин 24-26

Толщина жмыховой ракушки, мм 8-10

Масличность жмыха, % при фактической влажности, не выше

при выработке кормового жмыха 12

при выработке пищевого жмыха 14

Производительность пресса, т/сут семян	25-27
Содержание растворимых белков в жмыхе, % к общему содержанию протеина, не менее	85

### *Первичная очистка масла*

1. Масло, отжатое в форпрессах и экспеллерах, для предварительной очистки подают в горячем состоянии на вибрационное сито, снабженное плетеными ситами, имеющими 21 нитку на 1 см, или в двойную механическую гущеловушку.

2. Предварительно очищенное на вибрационном сите или в двойной механической гущеловушке горячее форпрессовое масло окончательно освобождают от взвешенных частиц в фильтр-прессах и направляют на гидратацию.

Гидратирование — обработка жира горячей водой. Во время гидратирования белковые и слизистые вещества, которые быстрее всего приводят к порче масла, набухают, выпадают в осадок и удаляются.

### §1.3. Характеристика арахисового масла

На долю арахиса приходится 13% всего производства масличных семян. Это объясняется тем, что арахис является ценным не только как масличная, но и как продовольственная культура, а также арахисовое масло используется в медицинских целях.

**Физико-химические свойства** арахисового масла таковы: плотность при 15°C 911-929 кг/м<sup>3</sup>; показатель преломления при 20°C 1,468-1,472; температура застывания от -2,5 до + 3,0°C; кинематическая вязкость при 20° С (74-Т-89) 10~<sup>6</sup> м<sup>2</sup>/с.

**Химический состав:** жирные кислоты; белковых веществ - 20-30%; крахмала - до 20%; сахар; витамин Е; холин; бетаин.

**Жирнокислотный состав:** ненасыщенные кислоты: олеиновая - 40-70%; линолевая - 15-35%; насыщенные кислоты: арахидиновая, пальмитиновая, стеариновая - до 20%

Теплое, сладкое, с сильным запахом. Его аромат трудно «перекрыть» эфирными маслами. Имеет характерный цвет от светло-жёлтого до красно-бурого.

*Свойства арахисового масла:*

- Арахисовое масло высоко ценится, как диетический продукт. Известно, что арахисовое масло изобрел в 1890 году диетолог, долгое время пытавшийся найти

равноценную замену мясу, яйцам, сыру. Пользующееся огромной популярностью в Соединенных Штатах Америки, Европейском Союзе и России арахисовое масло является одним из основных диетических продуктов. Получают из измельченной мякоти земляного ореха – арахиса, по технологии прессового отжима.

- Очень питательный продукт, усиливает чувство сытости, составляет основу диет для снижения веса и особо популярен среди фотомоделей, а также людей, которые хотели бы максимально сократить потребление мяса в своем рационе.

- Применяют при лечении гнойных и труднозаживающих ран. Очень эффективен этот продукт при лечении геморрагических диатезов у детей, при которых снижается свертываемость крови, возникают многочисленные кровоизлияния под кожей и др. Благоприятствует профилактике нормального функционирования нервной ткани, сердца, печени, арахисовое масло считается одним из самых эффективных желчегонных средств. Полезно при утомляемости, бессоннице; улучшает память, внимание и слух. Справедливости ради нужно отметить: в арахисе меньше жира, чем в других орехах.

- Арахисовое масло и всем известное оливковое масло подобны по своим характеристикам, но имеет более выраженные кулинарные свойства. Оно очень экономично при жарке блюд оно не дымит и не выгорает. Салаты из овощей, приготовленные с использованием этого масла не только полезны, но и сокращают расходы более чем в два раза.

- Прекрасно питает кожу, не оставляя ощущения жирности. Дарит радостное настроение своим запахом и цветом. Хорошая основа для массажа.

- Хорошо подходит к жареным креветкам, рыбе, кусочкам ананаса, поджаренным на гриле, а также к ванильному мороженому.

- Богато витаминами группы А, D, E, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, PP, фолиевой кислоты, микроэлементами (железом, кобальтом, цинком, калием, магнием, кальцием, йодом, фосфором). *Абсолютно лишено холестерина.*

Шроты из семян масличных культур, в том числе и арахиса, также представляют собой обильный источник витаминов группы B, в том числе и витамина B<sub>2</sub>.

#### §1.4. Изменение физиолого-биохимических свойств ядер орехоплодных культур и качества масла при тепловой обработке

Арахис (*Arachis L.*), земляной орех (переводное, не народное назв.) — родовое название растений из семейства мотыльковых (*Papilionaceae*). Название «арахис» происходит, вероятно, от греч. — паук, по сходству сетчатого рисунка плодов с пауком.

Семена арахиса или земляного ореха [24] (рис.1.7) удлиненной или несколько округлой формы, иногда цилиндрические, покрытые тонкой семенной оболочкой, желтоватой или ярко-красной. Содержание семенной оболочки составляет 3-4 % от массы семян.



Рис.1.7. Семена (*a*) и ядра (*b*) арахиса (земляного ореха).

Культура арахиса известна с давних времен. Арахис происходит из Южной Америки и возделывается во всех странах тропического и субтропического поясов земного шара. Семена арахиса были найдены при раскопках в 1875 г. перуанских гробниц в Анконе, относимых археологами к XII-XV вв. На территории России он появился в 1792 г. в Одессе. С 1898 г. посевы арахиса стали распространяться на Украине. Затем арахис проник в Закавказье и Центральную Азию. В настоящее время в странах СНГ арахис возделывают в Закавказье, Центральной Азии, Краснодарском крае и на юге Украины.

Из семян арахиса получают пищевое масло, применяемое в качестве салатного или непосредственно в пищу, арахисный пальмитин используют в производстве маргарина. Арахисовое масло богато фосфолипидами.

Семя (ядро) арахиса используют в виде добавок в кондитерские и хлебобулочные изделия, для получения арахисового «молока» и арахисового «сливочного масла».

Богаты семена арахиса витаминами, особенно группы В. Вследствие этого кроме получения пищевого масла значительную часть семян арахиса используют или

непосредственно в пищу, или употребляют для приготовления разнообразных пищевых продуктов.

Оболочку бобов и семян используют на корм скоту и в химической промышленности. Жмыхи и шроты используют в производстве пищевых концентратов и пищевых белков.

В соответствии с действующим ГОСТ 17111-71 заготавливаемые бобы арахиса делят на типы и подтипы в зависимости от величины боба, количества в нем семян и массы 1000 бобов [24] (табл. 1.2).

**Таблица 1.2. Характеристика основных типов арахиса**

Наименование		Количество семян в бобе, шт.	Абсолютная масса, г	Примерный перечень сортов, характеризующих типы и подтипы
типа	подтипа			
И. Длинно-плодный	-	3 и более	Не менее 1200	ВНИИМК 433, Ташкентский 112, Украинская Валенсия
II. Коротко-плодный	1 – Крупно-плодный	Менее 3, Менее 3	Не менее 1000 Менее 1000	Перзуван 46/2, Искра, Желудь, Краснодарский 1708 (Адыг), Ташкентский 32, Зенит
	2 – Мелкоплодный			

В каждом типе допускается по ГОСТу не более 15% примеси бобов арахиса другого типа.

В соответствии с влажностью бобов арахиса устанавливают следующие состояния семян:

- сухое - при влажности бобов до 8% включительно,
- средней сухости - от 8 до 11% включительно,
- влажное - от 11 до 13% включительно,
- сырое - при влажности бобов арахиса свыше 13%.

По засоренности бобов арахиса устанавливают следующие группы по состоянию:

- чистое - при содержании сорной примеси до 1,0% включительно,
- средней чистоты - при содержании сорной примеси свыше 1,0 до 3,0% и масличной примеси свыше 2,0 до 6,0%,
- сорное - при содержании сорной примеси свыше 3,0% и масличной свыше 6,0%.

Заготовленный арахис (бобы) должен быть без признаков самосогревания, нормального вкуса, соломенно-желтого цвета, без затхлого, плесенного или иного постороннего запаха.

Базисные и ограничительные нормы приведены ниже [24].

Арахис (бобы), поставляемый для промышленной переработки в кондитерской и масложировой промышленности и в торговую сеть, должен отвечать требованиям ГОСТ 17111-71 (табл. 1.3).

**Таблица 1.3 . Требования к семенам арахиса для переработки и торговой сети**

Показатели	Нормы		
	для торговой сети	для кондитерской промышленности	для маслодобывающих заводов
Влажность, %, не более	10,0	11,0	15,0
Содержание сорной примеси, %, не более	1,0	3,0	5,0
минеральной и органической	0,5	0,5	-
семян дикорастущих и культурных растений		Не допускается	
Содержание масличной примеси,	2,0	6,0	10,0

%			
Содержание семян клещевины		Не допускается	
Зараженность вредителями	Не допускается	Не допускается, кроме зараженности клещом не выше II степени	Не допускается, кроме зараженности клещом

Ниже [24] (табл.1.4) приведена характеристика двух селекционных сортов арахиса (по Б. А. Воронюк, 1957).

**Таблица 1.4. Характеристика двух селекционных сортов арахиса**

Показатели	Крупноплодный	ВНИИМК 433
Масса бобов 100 растений при влажности 11%, кг	<b>1,92</b>	<b>1,22</b>
Лузжистость бобов, %	<b>28,0</b>	<b>26,4</b>
Абсолютная масса, г бобов	<b>1978</b>	<b>1326</b>
семян	<b>748</b>	<b>416</b>
Показатели	Базисные нормы	Ограничительные нормы
Влажность, %	11,0	15,0
Содержание примесей: (%) сорной	2,0	5,0
масличной	4,0	10,0
Зараженность вредителями зерновых запасов	не допускается	не допускается, кроме зараженности клещом
Содержание семян клещевины	не допускается	

Химический состав семян арахиса сорта Адыг (ядро) (в %) представлен в табл. 1.5. [24].

**Табл. 1.5. Химический состав семян арахиса сорта Адыг (ядро)**

№ п/п	Наименование	Показатели, %
1	Азот	
	в семенах	<b>4,0</b>
	в шроте	<b>9,3</b>
2	Белок	
	в семенах	<b>24,9</b>
	в шроте	<b>57,9</b>
3	Липиды в семенах	<b>56,1</b>
4	Вода	<b>3,5</b>

**Клетки и структурные элементы клеток тканей орехоплодных культур.**

Ткани, из которых состоят масличные плоды и семена, слагаются из сотен клеток, являющихся основными функциональными единицами высших растений. Между клетками разных по специализации тканей прослеживается существенное различие. Это различие позволяет, пользуясь морфологическими признаками, устанавливать принадлежность ткани и ее специализацию, а иногда и вид растения.

Наиболее крупными являются клетки семян арахиса и клещевины, самыми мелкими - клетки хлопчатника и льна. Специализация основной ткани обуславливает развитие в них внутриклеточных структур, обеспечивающих синтез запасных веществ клетки. В то же время отдельно взятые клетки, различаясь по форме, величине и химическому составу в зависимости от физиологических функций ткани, вида масличного растения и возраста, сохраняют единый для растительной клетки план строения.

В табл. 1.6 приведены средние размеры клеток маслосодержащих тканей семян арахиса [24].

**Таблица 1.6. Размеры клеток маслосодержащих тканей семян арахиса (в мкм).**

Масличная культура	Маслосодержащие ткани	По В. А. Насонову (1940)		По В. М. Яковлевой (1959)	
		длина	ширина	длина	ширина
Арахис	Семядоли	78,5	47,7	68,8	47,6

В технологической линии производства масла из ядер орехоплодных культур (арахиса) особое место занимает процесс тепловой обработки ядер к обезжириванию. Этот процесс следует последним перед непосредственным добыванием масла. Выход и качество масла в основном зависят от температурного режима, продолжительности и других условий процесса.

Тепловая обработка воздействует на один из основных показателей качества масла - его кислотное число.

Основную массу липидов семян и плодов составляют запасные липиды, выполняющие в клетках энергетическую функцию. Это легко извлекаемые из тканей семян «свободные» липиды. У масличных растений, плоды и семена которых находят применение в качестве промышленного масличного сырья, запасные липиды представлены триацилглицеринами (триглицеридами) и составляют до 95-97% получаемых растительных масел.

В обрабатываемых семенах арахиса протекают процессы окисления олеиновой кислоты с образованием перекисей, оксикислот и затем- низкомолекулярных кислот, и они идут тем более интенсивно, чем выше температура нагревания ядер. Низкотемпературная термообработка способствует гидролизу триациглицеринов с образованием ди – и моноациглицеринов и свободных жирных кислот. Высокие температуры нагревания семян сопровождаются связыванием триациглицеринов и свободных жирных кислот.

При термообработке ИК – лучами содержание жира в семенах арахиса уменьшается, при этом – чем выше температура нагрева ядер, тем больше потери сухого вещества. С ростом температуры ядер кислотное и перекисное числа арахисового масла в ходе термообработки возрастают.

Поэтому тепловая обработка должна вестись при оптимальных температурах – с тем, чтобы свести к минимуму гидролитические процессы и в тоже время не допустить окислительного распада и связывания липидов, неизбежных при высоких температурах [24].

Как известно, [24] главным белком, связанным с липидами, ядер арахиса является глобулин – арахин (составляет 97 % от общего количества белков. По мере усиления перекисного окисления связь липидов с арахинем усиливается. Скорость и степень денатурации белков при нагревании зависят от температуры нагревания, продолжительности теплового воздействия и влажности белка. Денатурация белков тем интенсивнее, чем выше температура, продолжительность нагревания и влажность белка.

В клетках и тканях ядер арахиса обнаружены минеральные элементы, которые играют значительную роль в процессах их жизнедеятельности. Содержание отдельных минеральных элементов в семенах арахиса колеблется в широких пределах (табл. 1.7) [24].

**Таблица 1.7. Минеральный состав семян арахиса (в мг/100 г)**

Элементы	Содержание	Элементы	Содержание
Алюминий	10	Медь	0,70-30
Барий	8,0-30	Фтор	0,14
Бор	2,6-50	Иод	0,020
Кальций	20-85	Железо	1,3-11
Хлор	0,50-10	Свинец	0-50

Кобальт	0,030	Марганец	0,20-50
Молибден	0,80-3,0	Стронций	0.80-5,0
Никель	3,0-8,0	Сера	190-260
Фосфор	250-660	Титан	70-80
Калий	540-890	Олово	0,5-0
Кремний	80	Ванадий	10-50
Натрий	1,0-50	Цинк	1,7-80

Основная роль минеральных элементов заключается в повышении активности различных ферментов при протекании биохимических процессов внутри клетки.

Углеводы, в зависимости от выполняемых функций, подразделяются на запасные (крахмал 0,9-6,7%), структурные (целлюлоза 2%) и защитные.

В зрелых масличных семенах, как правило, содержится незначительное количество крахмала. Исключением являются только арахис и кедровый орех.

Целлюлоза, или клетчатка, - нерастворимый в воде полисахарид, широко распространенный в природе. Он составляет главную массу стенок клеток растений.

Гемицеллюлоза - высокомолекулярный полисахарид, нерастворимый в воде, но растворимый в щелочах.

Углеводный состав семян арахиса (в %) приведен в табл.1.8.[24].

**Табл.1.8. Углеводный состав семян арахиса**

№ п/п	Наименование	Значения (в %)
1	Редуцирующие сахара	0,06-0,30
2	Дисахариды (сахароза)	1,5-7,0
3	Крахмал	0,9-6,7
4	Пентозаны	2,2-2,8
5	Целлюлоза	2,0

6	Пектиновая кислота - арабан	4,0
---	-----------------------------	-----

В семенах арахиса обнаружены многие витамины и биологически активные вещества: биотин - 0,34-1,10 мг/кг, холин - 1650-1740, фолиевая кислота - 2,8, инозитол-- 1800, никотиновая кислота - 88-200, пантотеновая кислота 25- 35 мг/кг.

Витамины и биологически активные вещества, находящиеся в зародыше и в других частях ядер, под действием высоких температур разрушаются.

**Отсюда можно сделать вывод о том,** что глубина биохимических процессов в семенах орехоплодных культур при тепловом воздействии зависит от начальной влажности материала, температуры и продолжительности процесса. Как было указано выше, с увеличением температуры термообработки нежелательные процессы усиливаются (окисление масла в семенах, денатурация белков, связывание липидов с арахином, разрушение витаминов). Все это в совокупности своей приводит к ухудшению технологических свойств ядер, снижению качества получаемого масла (повышение кислотного числа, изменение цвета, горьковатый вкус, неприятный запах). Поэтому термообработку ядер орехоплодных культур нужно вести интенсивно и при таком температурном режиме, при котором семена нагревались бы не выше 80<sup>0</sup>С.

## **Глава 2. Экспериментальное исследование процесса тепловой обработки ядер орехоплодных культур.**

### **§2.1. Описание лабораторной экспериментальной установки для термообработки ядер орехоплодных культур.**

Исследование процесса ИК-термообработки ядер арахиса проведено на экспериментальной установке, общий вид которой представлен на рис. 2.1. Установка состоит из рабочей камеры, пульта управления с контрольно – измерительными приборами, аппаратурной управления и сигнализации.

Внутри рабочей камеры 1 в верхней ее части расположены ИК излучатели 2. В качестве ИК - излучателей использованы кварцевые галогенные лампы типа КГТ 220-1000. Крепление ламп выполнено таким образом, что имеется возможность изменять расстояние между ними. Над ИК – излучателей расположен экран 3, который можно перемещать по вертикали. Напряжение в нити накаливания ИК - ламп изменяется в пределах 0-250 В с помощью регулятора напряжения РНО-250-10 7. Режим работы излучателей контролируется измерительными приборами 9.

Внутренние поверхности рабочей камеры выполнены из полированного алюминия, обладающего высоким коэффициентом отражения в инфракрасной области спектра.

Измерение и автоматическая регистрация температуры в ядре арахиса и среды рабочей камеры в ходе ИК-термообработки осуществляется электронными самопишущими потенциометрами 4 типа КСП-4 с первичными измерительными преобразователями в виде термопар. Чувствительные элементы и провода термопар защищены экранами и термостойкими защитами оболочками из асбестовой ткани от непосредственно падающего ИК – излучения.

Сетчатый подик 6 устанавливается на винтовых опорах, укрепленных на каркасе. Последний жестко связан с чашей весов 8 марки ВЛКТ-500М, предназначенных для измерения убыли массы высушиваемого материала.

Смотровое окно предусмотрено для визуального наблюдения за протеканием процесса. В целях соблюдения норм техники безопасности заземления всех контрольно – измерительных устройств, предусмотрена блокировка, срабатывающая при открывании дверцы, рабочей камеры происходит автоматическое отключение всей установки.

Таким образом, экспериментальная установка оснащена всей необходимой контрольно – измерительной и регулирующей аппаратурой. Это позволяет при экспериментальных исследованиях процесса термообработки ядер арахиса получать полную картину внутреннего и внешнего тепло – и массопереноса.

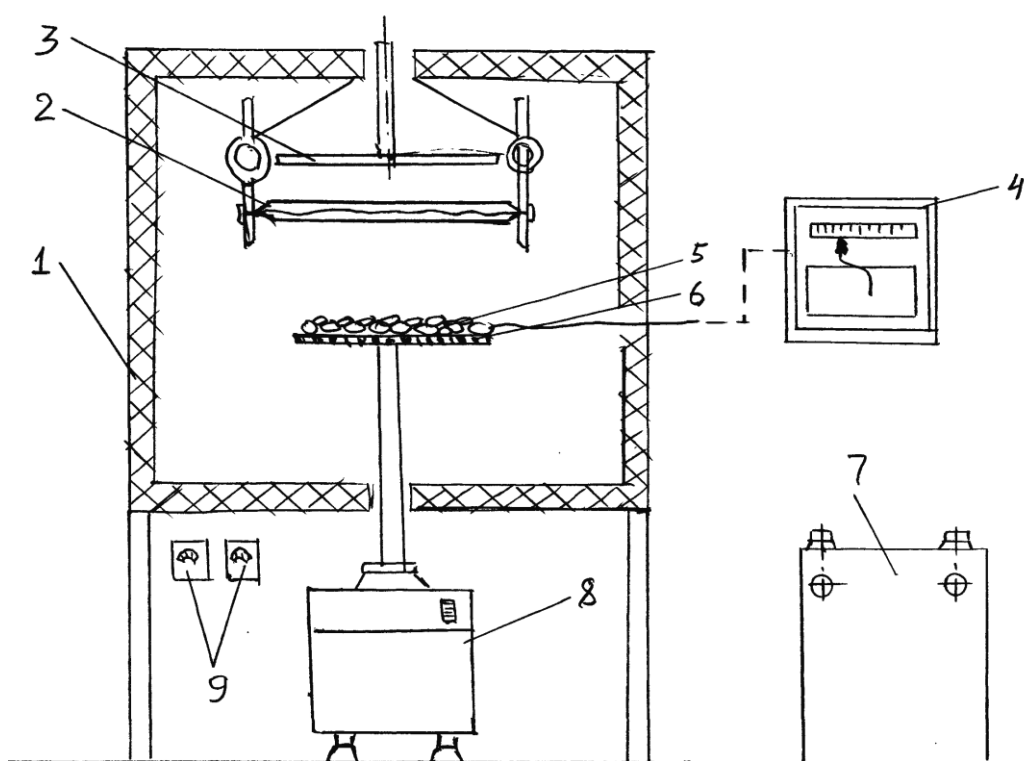


Рис.2.1. Лабораторная ИК-установка для исследования процесса термообработки ядер арахиса



Рис. 2.2. Лабораторная ИК-установка (фото).

## §2.2. Методика определения основных показателей ядер и масла арахиса

### 2.2.1. Методика определения влажности ядер арахиса

Настоящая методика распространяется на семена масличных культур, используемые в качестве сырья для маслодобывающей промышленности [25].

**Под влажностью масличных семян понимают процентное содержание влаги в семенах.**

Отбор средних образцов масличных семян и выделение навесок для анализа производят по ГОСТ 10852-64.

Для определения влажности семян применяются следующие аппаратура и реактивы.

Сушильный электрический шкаф марки СЭШ. Эксикатор по ГОСТ 6371-73. Бюксы металлические. Чашки фарфоровые. Банки стеклянные с притертыми пробками. Совочки. Шпатели. Пинцеты. Лезвия бритвенные для разрезания семян. Тигельные щипцы. Весы технические. Кальций хлористый технический по ГОСТ 450-77 или кислота серная по ГОСТ 4204-77 плотностью 1,835г/см<sup>3</sup>.

Основным методом определения влажности является высушивание навесок семян в сушильном электрическом шкафу СЭШ.

Допускается производить определения влажности масличных семян и в других сушильных электрических шкафах с закрытым обогревом.

Образцы зерна, имеющие температуру ниже комнатной, следует выдерживать в закрытой банке до тех пор, пока температура зерна не достигнет комнатной.

О п р е д е л е н и е      в л а ж н о с т и      с е м я н      а р а х и с а ,  
к л е щ е в и н ы      и      с о и      п р о и з в о д я т      в ы с у ш и в а н и е м      с е м я н ,      п р е д в а р и т е л ь н о  
р а з р е з а н н ы х      н а      ч а с т и      т о л щ и н о й      о к о л о      2      м м      с е м е н а      в с е х      о с т а л ь н ы х      к у л ь т у р      в ы с у ш и в а ю т  
ц е л ы м и .

В ы с у ш и в а н и е      в      э л е к т р и ч е с к о м      с у ш и л ь н о м  
ш к а ф у      С Э Ш - 3 М .      С у ш и л ь н ы й      ш к а ф      и      о х л а д и т е л ь      р а б о т а ю т      о т      с е т и  
п е р е м е н н о г о      т о к а      н а п р я ж е н и е м      220 В .      Д о      з а г р у з к и      б ю к с      ш к а ф      д о л ж е н      б ы т ь      р а з о г р е т      д о  
з а д а н н о й      т е м п е р а т у р ы .      В к л ю ч е н и е      ш к а ф а      п р о и з в о д я т      с л е д у ю щ и м      о б р а з о м :      в и л к у  
с о е д и н и т е л ь н о г о      ш н у р а      в к л ю ч а ю т      в      с е т ь ,      з а т е м      п е р е в о д я т      р у к о я т к у      л е в о г о      в ы к л ю ч а т е л я  
в      к р а й н е е      н и ж н е е      п о л о ж е н и е      и      т о т ч а с      н а ж и м а ю т      к н о п к у ,      п р и д е р ж и в а я      е е      1-2 с      д о  
з а п у с к а      э л е к т р о д в и г а т е л я .      Ч т о б ы      у с к о р и т ь      р а з о г р е в ,      п о д к л ю ч а ю т      д о п о л н и т е л ь н ы й  
н а г р е в а т е л ь ,      д л я      ч е г о      р у к о я т к у      в т о р о г о      в ы к л ю ч а т е л я      п е р е в о д я т      в      к р а й н е е      н и ж н е е  
п о л о ж e н и e .

Передвижной контактный термометр устанавливают на нужную температуру, вращая магнитную скобу на верхней части термометра и наблюдая за положением овальной гайки по верхней шкале термометра. После установки укрепляют магнитную скобу винтами. По достижении заданной температуры в сушильную камеру помещают бюксы с навесками и ведут высушивание.

Высушивание в шкаф производят в течение 40 мин, считая с момента вторичного отключения сигнальной лампы, т.е. с момента установления температуры  $130 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

По истечении 40 мин бюксы с навесками вынимают из шкафа тигельными щипцами, покрывают крышками и переносят в эксикатор, где они охлаждаются примерно 15-20 мин.

В нижнюю часть эксикатора должен быть насыпан слой сухого хлористого кальция или налита серная кислота (плотностью  $1,835 \text{ г/см}^3$ ).

В зависимости от работы, но не менее одного раза в месяц, хлористый кальций прокаливают в фарфоровой чашке до превращения его в аморфную массу, а серную

кислоту проверяют на изменение ее плотности. При изменении плотности кислоту в эксикаторе заменяют.

Пришлифованные края эксикатора смазывают тонким слоем вазелина. Оставлять невзвешенные навески в эксикаторе более 2 ч не допускается.

По охлаждении бюксы снова взвешивают и по разности между массой навесок до высушивания и массой их после высушивания определяют потерю влаги. Все взвешивания при определении влажности производят с точностью до 0,01 г.

Влажность масличных семян в процентах ( $W$ ) вычисляют по формуле

$$W = \frac{(m - m_1) \cdot 100}{m - m_2}, \quad (2.1)$$

где  $m$ - масса бюксы с семенами до высушивания в г;

$m_1$ - масса бюксы с семенами после высушивания в г;

$m_2$ - масса пустой бюксы в г.

Из двух определений влажности выходят среднюю с точностью до 0,1%, которую и принимают за влажность образца.

Расхождение между параллельными определениями не должно превышать 0,25%. В противном случае определение влажности повторяют. При контрольном и арбитражном определениях расхождения допускают не более 0,5%.

### 2.2.2. Методика определения масличности арахиса

Настоящая методика распространяется на семена масличных культур, используемые в качестве сырья для маслодобывающей промышленности [25].

**Под масличностью семян понимают содержание в них сырого жира и сопровождающих его жироподобных веществ, переходящих вместе с жиром с эфирную вытяжку из исследуемых семян.**

Отбор образцов семян и выделение навесок для анализа производят по ГОСТ 10852-64.

Для определения масличности семян применяются следующие аппаратура, реактивы и материалы.

Аппарат Сокслета. Рефрактометр жировой РЖ. Сушильный шкаф. Мельница лабораторная. Ступки фарфоровые диаметром 10 см. Аналитические весы. Водная баня. Чашки фарфоровые. Стаканы химические по ГОСТ 10394-72 номинальной вместимостью 50-100 мл. Воронки стеклянные по ГОСТ 8613-75. Палочки стеклянные оплавленные длиной 10 см. Пинцеты. Шпатели. Часовые стекла диаметром 8 см.

Бюретки по ГОСТ 20292-74 номинальной вместимостью 25 мл. Эфир этиловый, предварительно высушенный и перегнанный при температуре 34,5-36<sup>0</sup>С. Бромнафталин или хлорнафталин. Вата гигроскопическая по ГОСТ 5556-75, проэкстрагированная этиловым эфиром. Бумага фильтровальная по ГОСТ 12026-76 проэкстрагированная этиловым эфиром. Морской или речной песок, обработанный соляной кислотой, прокаленный и просеянный (для работы применяют фракцию, остающуюся на сите с отверстиями 0,5 мм и проходящую через сито с отверстиями 1 мм).

О п р е д е л е н и е с о д е р ж а н и я с ы р о г о ж и р а в с е м е н а х а р а х и с а , к л е щ е в и н ы и к у н ж у т а . На делителе или способом диагонального деления выделяют около 100-150 г семян арахиса и клещевины и просеивают через сито, принятое для определения засоренности. Из семян, оставшихся на сите, выбирают минеральные и органические примеси.

Освобожденные указанным образом от сорных примесей семена помещают в фарфоровую чашку и подсушивают в течение 1 ч при температуре 100-105<sup>0</sup>С. Подсушенные семена измельчают в фарфоровой или медной ступке или в механическом измельчителе. Ступка перед работой должна быть промаслена, как указано в п. 4.

От измельченных и перемешанных семян берут на аналитических весах навеску 8-10 г в экстракционный патрон, который помещают в экстрактор аппарата и экстрагируют этиловым эфиром в течение 18 ч.

По истечении указанного времени патрон вынимают из экстрактора, слегка подсушивают на крышке термостата, затем осторожно раскрывают и шрот количественно переносят в небольшую фарфоровую ступку. К шроту прибавляют около 5г предварительно просеянного через одномиллиметровое сито обработанного соляной кислотой и прокаленного морского (или речного) песка. Шрот тщательно растирают с песком и количественно переносят в тот же патрон. Патрон помещают в экстрактор экстракционного аппарата, в котором велась предварительная экстракция, затем экстракцию продолжают еще 6 ч. После этого определяют полноту извлечения жира и в случае необходимости продолжают экстракцию еще 1-2 ч. Одновременно с определением масличности определяют влажность измельченных семян методом высушивания до постоянной массы при температуре 100-105<sup>0</sup>С. Масличность вычисляют по формулам, указанным ниже.

Содержание жира в освобожденных от сора и подсушенных семенах в процентах (X) вычисляют по формуле

$$X = \frac{(m - m_1) \cdot 100}{m - m_2}, \quad (2.2)$$

где  $m$ - масса колбы с маслом в г;

$m_1$ - масса пустой колбы в г;

$m_2$ - масса подсушенных семян в г.

Далее полученный результат пересчитывают на сухое вещество в процентах ( $X_1$ ) по формуле

$$X_i = \frac{X \cdot 100}{100 - W}, \quad (2.3.)$$

где  $W$ -влажность подсушенных и измельченных семян, определяемая одновременно с масличностью семян, в %.

За окончательный результат принимают среднее из двух параллельных определений. Расхождение между параллельными определениями не должно превышать 0,5%.

При контрольных и арбитражных определениях отклонения не должны превышать 1%.

### 2.2.3. Методика определения кислотного числа масла

Настоящая методика распространяется на семена масличных культур, предназначенные для промышленной переработки, и устанавливает методы определения кислотного масла в семенах [25].

**Под кислотным числом понимается условная величина, выражения в миллиграммах едкого кали, необходимого для нейтрализации свободных жирных кислот, содержащихся в 1 г масла.**

Сущность методов состоит в титровании масла, извлеченного из семян, следующими способами:

- настаиванием диэтиловым (серным) эфиром;
- экстрагированием диэтиловым эфиром в аппарате Сокслета;
- прессованием с помощью гидравлического пресса;
- экстрагированием хлороформом.

**Подготовка к испытанию.** Из средней пробы выделяют семена массой около 120 г при извлечении из них масла настаиванием или экстрагированием и около 250 г – при извлечении масла прессованием. Выделенные семена очищают от сорной примеси (кроме испорченных семян).

Из очищенных семян выделяют навески массой:

при извлечении масла настаиванием – около 50 г;

при извлечении масла в аппарате Сокслета – около 30 г;

при извлечении масла хлороформом – две навески по 20 г каждая;

при извлечении масла прессованием – две навески целых семян по 100 г каждая.

Выделенные навески семян всех культур (кроме хлопчатника и клещевины) размалывают на мельнице в течение 15 с.

Влажность анализируемых семян не должна быть более 10%. При большей влажности семян подсушивают в сушильном шкафу при температуре 105<sup>0</sup>С не более 30 мин.

Оставшиеся после отбора навесок семена помещают в сосуд с крышкой на случай повторного анализа.

**Метод извлечения масла настаиванием диэтиловым (серным) эфиром.** Для проведения испытания применяют: весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,01 г по ГОСТ 19491-74; мельницу лабораторную или электромельницу типа ЭМ-2; шкаф сушильный; колбы стеклянные лабораторные по ГОСТ 10394-72; пипетку автоматическую; колбы конические для титрования по ГОСТ 10394-72; бюретки вместимостью 25 мл с делениями 0,1 мл или вместимостью 2-5 мл с делениями 0,01 мл по ГОСТ 20292-74; цилиндры мерные вместимостью 50 мл по ГОСТ 1770-74; баню водяную; кали едкий ч. д. а., 0,1 н. водный раствор; натр едкий по ГОСТ 4328-77, 0,1 н. водный раствор; спирт этиловый технический по ГОСТ 17299-78; эфир диэтиловый (серный); фенолфталеин по ГОСТ 5850-72, 1%-ный спиртовой раствор; пробка корковые; бумагу фильтровальную по ГОСТ 12026-76.

**Проведение испытания.** Навеску семян, подготовленных к анализу в соответствии с разд. 2, помещают в колбу и заливают 200 мл диэтилового эфира. Колбу закрывают корковой пробкой и выдерживают в течение 2 ч при комнатной температуре, периодически встряхивая. По истечении 2 ч смесь фильтруют.

Автоматической пипеткой отбирают по 25 мл фильтрата (мисцелла) в две конические колбы для титрования и добавляют по 15 мл этилового спирта, предварительно нейтрализованного 0,1 н. раствором щелочи в присутствии фенолфталеина. Смесь титруют 0,1 н. раствором едкого кали или едкого натра в присутствии фенолфталеина (три-пять капель 1%-ного раствора) до слабо-розовой окраски.

Одновременно отбирают еще по 25 мл фильтрата в две предварительно высушенные и взвешенные до сотых долей грамма колбы, отгоняют эфир под тягой на водяной бане и высушивают масло в сушильном шкафу при температуре 90-95<sup>0</sup>С до постоянной массы. Затем колбу с высушенным маслом взвешивают до сотых долей грамма и определяют массу масла в 25 мл фильтрата, взятого для титрования, по разнице массы колбы с высушенным маслом и пустой колбы.

**Обработка результатов.** Кислотное число масла в семенах ( $X$ ) в миллиграммах КОН вычисляют по формуле

$$X = \frac{V \cdot R \cdot 5,611}{m}, \quad (2.4)$$

где  $V$ -объем 0,1 н. раствора щелочи, израсходованного при титровании, мл;

$K$ -поправка к титру 0,1 н. раствора щелочи;

$m$ -масса высушенного масла, г;

5,611-постоянная величина, являющаяся: при использовании КОН его расчетной массой в 1 мл 0,1 н. раствора КОН, а при использовании NaOH в 1 мл 0,1 н. раствора NaOH (равной 4,0), умноженной на 1,4 (отношение молекулярных масс КОН и NaOH).

За результат определения кислотного числа масла принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных титрований, расхождение между которыми не превышает 0,1 мг КОН.

При разногласиях в определении кислотного числа масла анализ проводят тем же методом. При этом, если расхождение превышает 15% средней арифметической величины результатов двух анализов за окончательный показатель кислотного числа масла принимают результат повторного анализа.

Все вычисления производят до сотых долей миллиграмма.

Округление полученных результатов производят следующим образом: если цифра, следующая за установленным пределом, больше 5, то предшествующую цифру на единицу; если цифра меньше 5, то ее отбрасывают; если цифра равна 5, то последнюю сохраняемую цифру увеличивают на единицу, если она нечетная, и оставляют без изменения, если она четная или нуль.

#### 2.2.4. Методика измерения температуры и убыли влаги ядер арахиса в процессе ИК-термообработки.

Исследование прогрева ядер арахиса в ходе термообработки осуществлено путем измерения температуры в двух точках (на глубине 1,5 мм и 3,0 мм) по высоте ядра. В качестве датчиков температуры использовались хромель–копелевые термопары с диаметром спая 0,2 мм и с термостойкой изоляцией. Последние соединены компенсационными проводами с регистрирующим прибором КСП-4. Верхняя часть термопары, которая непосредственно заделывается в слой ядер (кроме спая), изолирована термостойким лаком. Диаметр этой части термопары тоже равен 0,5 мм, что обеспечивает плотное вхождение спая в отверстия ядра-образца.

Погрешность измерения температуры определяется:

$$П = K \cdot X_M / 100 = 1,5^{\circ}C, \quad (2.5)$$

где  $K$  – класс точности прибора КСП-4 ( $K=0,5$ );

$X_M$  – предел измерения прибора КСП-4 ( $X_M=300^{\circ}C$ ).

После окончания процесса термообработки производится повторный замер расположения термопар по высоте слоя.

При термообработке убыль влаги ядер определялась путем взвешивания проб массы ядер на весах марки ВЛКТ-500 в течение всего процесса термообработки и регистрацией результатов измерений через каждые 30 с.

#### § 2.3. Проведение экспериментов и обработка результатов

Очищенные и выделенные из скорлупы ядра арахиса без поверхностной кожуры взвешивают на весах ВЛКТ-500 с точностью 0,01 г. Определяют относительную влажность (в %) и содержание масла в ядре (в % к общей массе ядра) по известным методикам [25].

Навеску ядер известной начальной влажности и массы подвергают ИК-обработке в камере экспериментальной установки при прерывистом режиме облучения с требуемой плотностью лучистого потока. Во время термообработки температура материала в слое измерялась и регистрировалась при помощи хромель-копелевых термопар и регистрирующего прибора КСП-4.

Обжаренный ИК-лучами материал подвергают двукратному прессованию для извлечения масла в лабораторном прессовом устройстве (максимальное давление прессования 17-20 МПа).

Лабораторный пресс (рис. 2.3.) состоит из станины (основания), зернового корпуса, шнека, приводного механизма, сливного устройства для сбора извлекаемого масла в колбу.



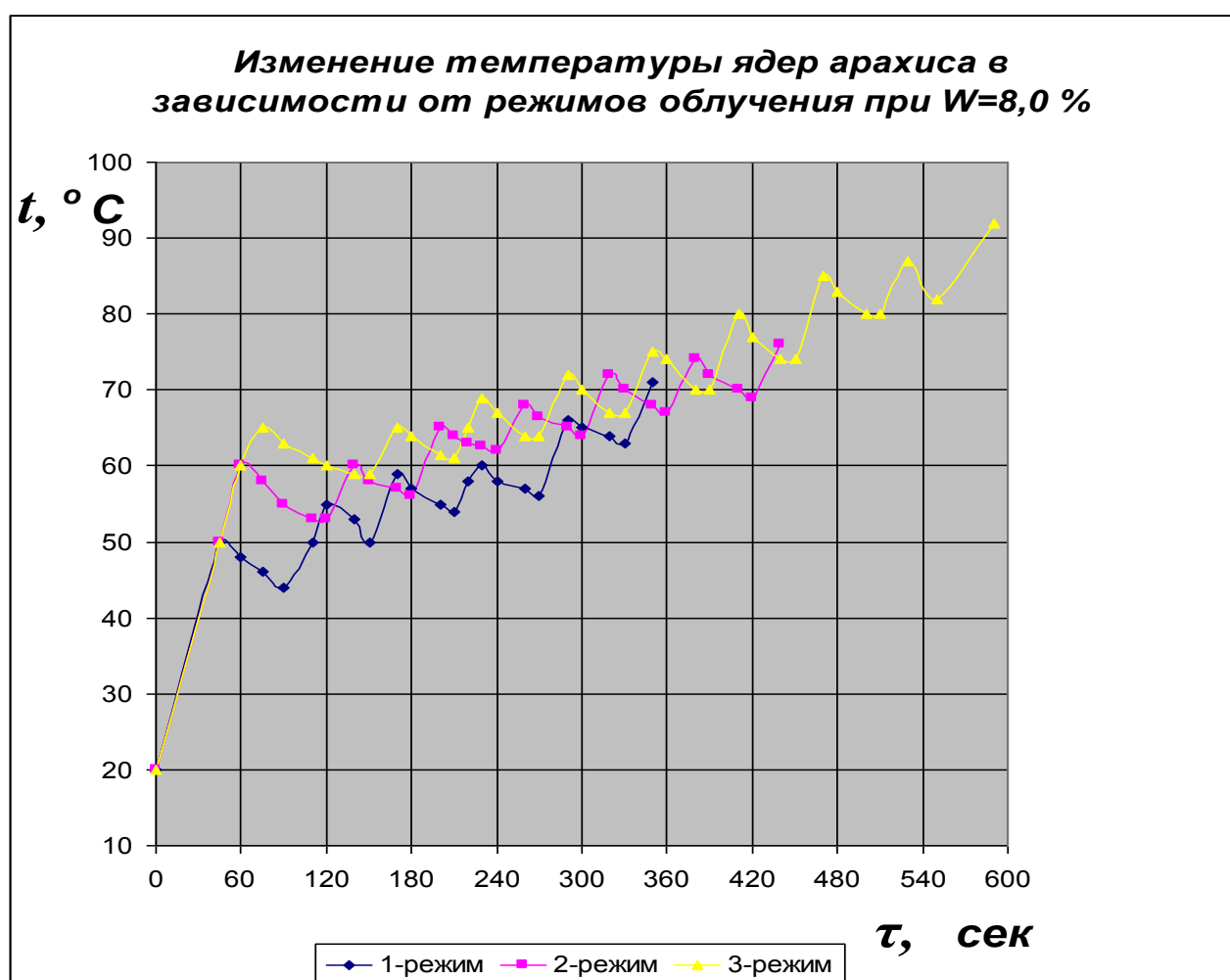
Рис. 2.3. Лабораторный пресс (фото).

После прессования по известным методикам [26] определяют выход арахисового масла и его качественные показатели.

Как было указано выше, при высоких температурах в ядрах происходят нежелательные биохимические процессы, ухудшающие качество получаемого масла. При относительно же высокой конечной влажности ядер уменьшается еще и выход масла. Как видим, температура и влажность ядер, выход и качество (кислотное число) получаемого масла – основные критерии выбора параметров ИК – термообработки ядер: времени ИК – обработки, величины плотности падающего лучистого потока, начальной влажности ядер, Проведем предварительные эксперименты по определению пределов варьирования факторов, влияющих на процесс термообработки ядер арахиса.

Эксперименты проведены по методике, изложенной выше, с ядрами начальной влажности  $W_H=8\%$ .

Результаты экспериментов приведены на рис. 2.4 – 2.6.



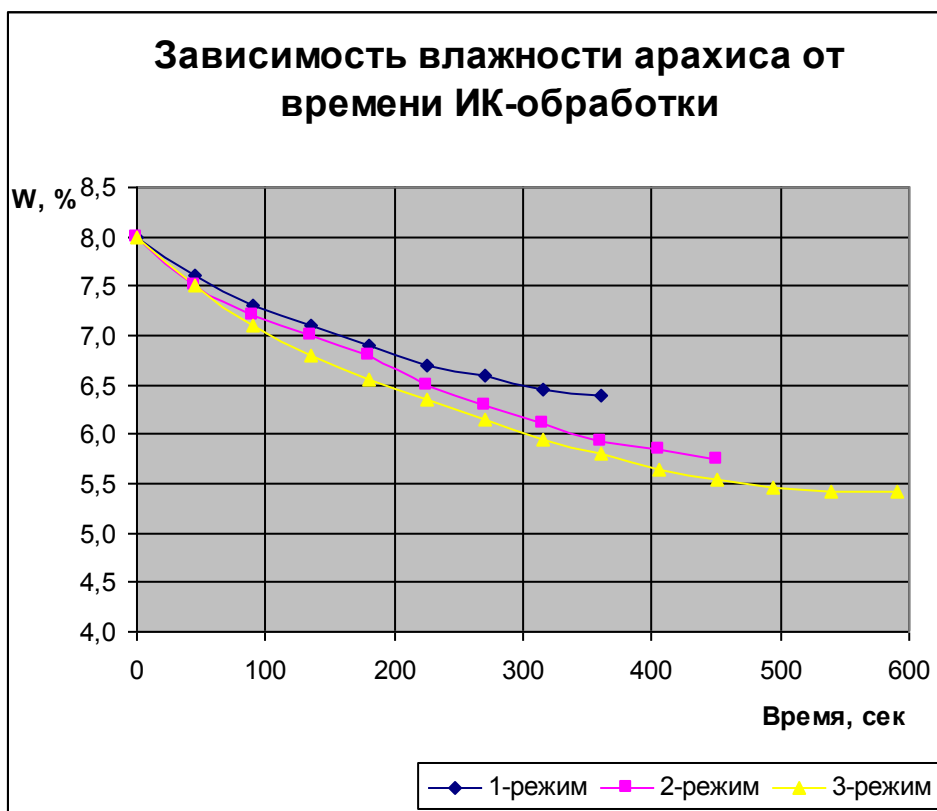
1-режим +45-45+20-40+20-40+20-40+20-40+20 = 350 сек

2-режим +60-60+20-40+20-40+20-40+20-40+20-40+20 = 440 сек

3-режим +75-75+20-40+20-40+20-40+20-40+20-40+20-40+20-40+20 = 590 сек

«+» - время облучения, сек; «-» - время без облучения, сек

Рис.2.4. Изменение температуры ядер арахиса в зависимости от режимов ИК-обработки



1-режим +45-45+20-40+20-40+20-40+20-40+20 = 350 сек

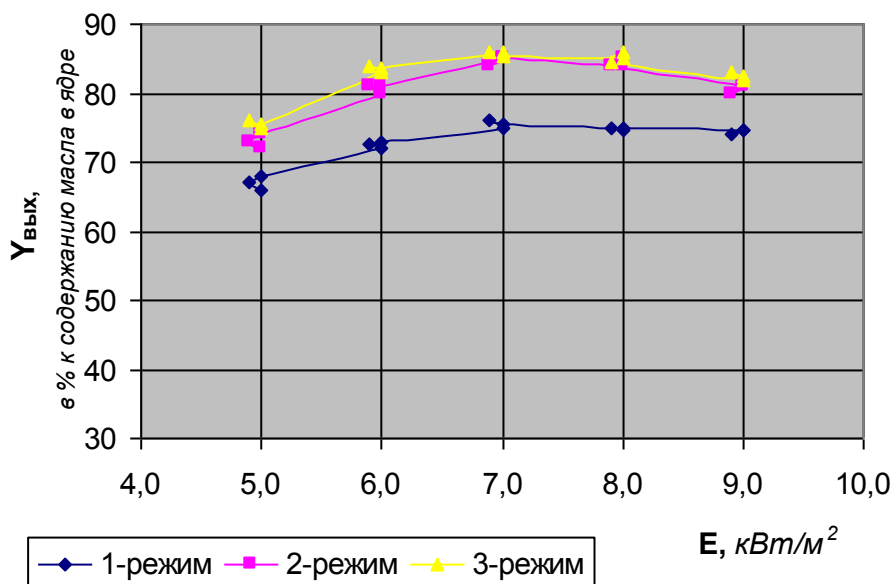
2-режим +60-60+20-40+20-40+20-40+20-40+20-40+20 = 440 сек

3-режим +75-75+20-40+20-40+20-40+20-40+20-40+20-40+20-40+20 = 590 сек

«+» - время облучения, сек; «-» - время без облучения, сек

Рис.2.5. Зависимость влажности арахиса от времени ИК-обработки.

### Зависимость выхода масла от плотности ИК-облучения



ИК-облучения

При термообработке ядер в 1-режиме температура доходит до  $70^{\circ}\text{C}$  (рис.2.4. кривая 1), но при этом конечная влажность составляет всего  $W_K=6,4\%$ . В результате недожаривания ядер выход масла очень низок (см. рис. 2.6, кривая 1).

Облучение ядер лучистым потоком плотностью ниже  $5\text{ кВт/м}^2$  сопровождается недожарением ядер, а облучение лучистым потоком плотности выше  $9\text{ кВт/м}^2$  - к пережариванию ядер. И то, и другое приводят к снижению выхода масла (рис. 2.6).

При прерывистом 2-режиме ИК - облучения ядер (рис.2.4, 2.5), когда продолжительность первого цикла облучения составляет 60 с, конечная влажность ядер составляет  $W_K=5,8\%$ . Выход косточкового масла наиболее высокий -  $84\%$  при плотности лучистого потока  $E=7\text{ кВт/м}^2$  (рис.2.6), поскольку в результате ИК-воздействия на клетки ядер, по нашему предположению, они разрушаются, что облегчает условия прессования.

При термообработке в 3-режиме (рис.2.4., 2.5, кривая 3) продолжительность первого цикла облучения составляет 75 с. Это приводит к резкому повышению температуры ядер. Конечная влажность  $W_K=5,4\%$ , а температура ядер в конце процесса достигает  $t=92^{\circ}\text{C}$ , что, естественно, приводит к пережариванию ядер и окислению масла в них. Максимальный выход масла при этом режиме обработки составляет  $83\%$  от общего содержания масла в ядрах.

Из анализа результатов предварительных экспериментов приходим к выводу, что наиболее рациональным является варьирование значений влияющих параметров в следующих пределах: плотность лучистого потока  $E=6,5-8,5\text{ кВт/м}^2$ ; режим облучения, при котором продолжительность всего цикла составляет 300-540 с; начальная влажность  $W_K=6-8\%$ ;

**Методика планирования экспериментов** позволяют наиболее экономичным и эффективным способом получить математические модели исследуемого процесса в реализованном диапазоне изменения многих факторов, влияющих на процесс.

Реализация интенсификация процесса ИК-термообработки ядер арахиса связана с получением расчетных уравнений, позволяющих определить продолжительность процесса термообработки и рациональные параметр режима процесса. С целью нами применен метод планирования многофакторных экспериментов [27].

В качестве основных факторов, влияющих на процесс ИК-термообработки ядер арахиса, приняты: плотность лучистого потока  $E$  ( $\text{кВт/м}^2$ ); начальная влажность ядер  $W_n$

(%). Пределы варьирования факторов выбраны, исходя из анализа результатов предварительных экспериментов по изучению процесса ИК-термообработки ядер арахиса.

В качестве искомым функций приняты выход масла  $Y_{\text{вых}}$  (%), кислотное число масла  $K$  (мг КОН), конечная температура ядер  $t_k$  ( $^{\circ}\text{C}$ ).

В нашем случае, когда число факторов равно трем, при реализации плана эксперимента в виде греко-латинского квадрата, необходимо поставить 9 опытов, варьируя факторы на 3 уровнях.

Выделение факторов и уровней их варьирования представлено в табл.2.1.

**Табл.2.1. Уровни изучаемых факторов.**

№ п/п	Факторы	Уровни		
		1	2	3
1	Плотность лучистого потока, $E$ (кВт/м <sup>2</sup> )	6,5	7,5	8,5
2	Продолжительность термообработки, $\tau$ (сек)	300	420	540
3	Начальная влажность ядер, $W$ (%)	6	7	8

Значит, при планировании экспериментов  $3 \times 3$  проводится 9 опытов.

Реализация плана экспериментов в виде греко-латинского квадрата  $3 \times 3$  со значением факторов представлена в таблице 2.2.

**Таблица 2.2. Результаты воспроизведения плана эксперимента**

№№ п/п	$E$ , кВт/м <sup>2</sup>	$\tau$ , сек;	$W$ , %.		$Y_{вых}$ , %	$K$ , мг КОН	$t_k$ , °С
1	6,5	300	6		74	1,7	68
2	7,5	420	7		84,2	1,75	78
3	8,5	540	8		75,3	2,4	82
4	6,5	540	6		74,2	1,73	72
5	7,5	300	7		80,3	1,8	80
6	8,5	420	8		80,4	2,94	82
7	6,5	420	6		75	1,7	70
8	7,5	540	7		84,7	1,83	84
9	8,5	300	8		81,4	2,8	85

Структура матрицы такова, что при проведении всех опытов каждый уровень любого фактора встречается один раз с каждым уровнем всех остальных факторов. Для этого каждый уровень фактора задается в опытах столько раз, сколько принято уровней.

Анализ результатов воспроизведения плана эксперимента показывает, что наиболее рациональным режимом ИК-термообработки является режим при котором:

плотность лучистого потока  $E=7,5$  кВт/м<sup>2</sup>;

импульсный режим ИК-обработки +60-60+20-40+20-40+20-40+20-40+20-40+20  
( $\tau_{обр}= 420-440$  сек);

начальная влажность ядер  $W_n = 6-7$  %.

При этом выходные показатели следующие:

Выход прессового масла  $Y_{вых} = 84,2$  %;

Кислотное число масла  $K=1,75$  мг КОН;

Конечная температура ядер  $t_k = 78$  °С.

## **Глава 3. Расчет установки для тепловой обработки ядер орехоплодных культур.**

### **§3.1. Описание установки**

Для получения масел высокого качества необходима технологическая переработка ядер арахиса при возможно низких температурах, так как при высоких температурах в ядре усиливаются нежелательные биохимические процессы (окисление масла, разрушение витаминов), а также, при подготовке материала к извлечению масла необходимо добиться максимального разрушения клеточной структуры ядра. Поэтому процесс термообработки ядер арахиса перед прессованием занимает важное место в технологической линии получения арахисового масла.

Обработка маслосодержащих материалов инфракрасными лучами осуществляется путем направленного воздействия потока лучей на продукт, расположенный в слое, толщина которого зависит от терморadiационных характеристик материала [28].

Аппаратурное оформление процесса термообработки ядер арахиса инфракрасным энергоподводом выполним на основе анализа результатов экспериментальных исследований закономерностей тепло- и массопереноса.

Установка для термообработки ядер арахиса состоит из привода, ленточного сетчатого конвейера, корпуса установки, блоков инфракрасных излучателей, вентилятора, устройства для регулирования толщины материала и пульта управления работой установки.

Корпус установки – это коробчатая единая конструкция, сваренная из листовой стали толщиной 2-3 мм и стальных уголков.

Над транспортной лентой установлены восемь блоков инфракрасных излучателей, представляющую собой теплоизоляционную камеру, которая огорожена со

всех сторон теплоотражающей поверхностью, что позволяет уменьшить потери энергии и обеспечить равномерность лучистого потока, падающего на поверхность обрабатываемого продукта. Инфракрасные генераторы в блоке установлены вдоль конвейерной ленты с шагом, уменьшающимся от оси конвейера к его периферии, что позволяет регулировать плотность лучистого потока по ширине и обеспечить равномерность поля облученности ядер плодовых косточек. Блоки снабжены дверцами на шарнирах: открывая их можно осуществить монтаж или замену излучателей.

Для равномерного прогрева материала по всему объему желательно, чтобы продукт располагался на транспортной ленте в один или два слоя. В предлагаемой установке масляный продукт из загрузочного бункера попадает на транспортную ленту и перед подачей на обработку разравнивается в один или два слоя устройством для регулирования толщины материала.

Блоки инфракрасных генераторов расположены друг от друга на некотором расстоянии – для того, чтобы создать прерывистый режим облучения: при движении сетчатого конвейера сырьё слоем через всю длину установки поочередно проходит через зоны облучения и продува теплым воздухом.

На верхней части установки, в зонах продува воздухом, предусмотрены вентиляционные люки. Воздух для продува материала и охлаждения инфракрасных генераторов подается вентилятором в рабочую камеру через воздухопроводы.

### §3.2. Расчет конструктивных параметров

Производительность установки по ядрам  $\Pi_2$  (в кг/с) определяется:

$$\Pi_2 = \Pi_1 \cdot (100 - W_n) / (100 - W_k); \quad (3.1)$$

где  $\Pi_1$  - производительность установки по необработанным ядрам, кг/с;  $W_n$  и  $W_k$  - начальная и конечная влажность ядер.

Длина ленточного сетчатого конвейера (в м) определяется:

$$L = v \cdot \tau_{обр} = \frac{\Pi_1}{b_1 \cdot h \cdot \rho} \cdot \tau_{обр}, \quad (3.2)$$

где  $v = \frac{\Pi_1}{F \cdot \rho}$  - скорость ленты, м/с;  $F$  - площадь поперечного сечения слоя ядер на ленте, м<sup>2</sup>;  $\rho$  - насыпная плотность ядер, кг/м<sup>3</sup>;  $b_1$  - ширина слоя ядер на ленте, м;  $h$  - высота слоя ядер на ленте, м;  $\tau_{обр}$  - продолжительность обработки ядер в установке, с.

Общая дина установки (в м):

$$L_{\text{общ}} = L + l_1 + l_2, \quad (3.3)$$

где  $l_1$  и  $l_2$  – расстояния для погрузки и выгрузки ядер, соответственно, м.

Ширина ленты определяется:  $b = b_1 + 0,2$  м.

Длина конвейера, где происходит первое облучение продукта:

$$L_1 = v \cdot \tau_1, \quad (3.4)$$

где  $\tau_1$  - продолжительность первого облучения, с.

Аналогично находятся длины конвейера, где происходит первая «отлежка», второе облучение и т.д.

Высота установки (в м) определяется (без учета высоты загрузочного бункера):

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4, \quad (3.5)$$

$h_1$  - высота от пола (основания) до материала на ленте, м;  $h_2$  – высота от обрабатываемого материала до излучателей, м;  $h_3$  – высота от излучателей до экранирующих поверхностей, м;  $h_4$  – толщина изоляции, м.

Для нашего случая получены следующие конкретные данные:

$L=5,3$  м;  $L_{\text{общ}}= 5,7$  м;  $b= 0,5$  м;  $H = 0,82$  м  $h_1= 0,5$  м;  $h_2=0,2$  м;  $h_3=0,1$  м;  $h_4= 0,02$  м

### §3.3. Тепловой расчет установки

Составим уравнение теплового баланса установки [29] для термообработки ядер арахиса, предшествующей процессу прессования:

$$Q_{\text{обл}} = Q_{\text{наг}} + Q_{\text{исп}} + Q_{\text{ном}} \quad (3.6)$$

Здесь:

$Q_{\text{наг}} = G_m \cdot C_m \cdot \theta_{\text{наг}}$  - энергия, затрачиваемая на нагрев материала;

$Q_{\text{исп}} = q_m \cdot r \cdot S_{\text{общ}} \cdot dr$  - энергия, затрачиваемая на испарение влаги;

$Q_{\text{ном}} = \alpha(\theta_{\text{н.см}} - t_{\text{в}}) S_{\text{м.о}} \cdot \tau$  - энергия, теряемая в окружающую среду;

$Q = \sum_{j=1}^n A_j \cdot E_j \cdot S_{\text{жобл}} \cdot \tau_j$  - энергия ИК-излучения, поглощенная объемом материала,

где  $G_m$ -масса высушиваемых ядер, кг/с;  $c_m$  – удельная теплоемкость ядер, кДж/кг·К;  $\theta_{\text{наг}}$  – температура нагрева ядер, К;  $S_{\text{общ}}$  – площадь поверхности испарения, м<sup>2</sup>;  $q_m$  – средняя плотность потока влаги, кг/ м<sup>2</sup>·с;  $r$ - удельная теплота парообразования, кДж/кг;  $S_{\text{конв}}$  - поверхность конвективного теплообмена, м<sup>2</sup>.

Таким образом уравнение теплового баланса выглядит следующим образом:

$$\sum_{j=1}^n A_j \cdot E_j \cdot S_{\text{обл}} \cdot \tau_j = G_m \cdot C_m \cdot \theta_{\text{наг}} + q_m \cdot r \cdot S_{\text{общ}} \cdot dr + \alpha(\theta_{\text{н.ст}} - t_e) S_{\text{м.о}} \cdot \tau \quad (3.7)$$

Подставляя в уравнение (3.7) значения всех составляющих, найденных экспериментальным или расчетным путем, а также по справочникам и научной литературе, находим значения  $Q_{\text{обл}}$ ,  $Q_{\text{наг}}$ ,  $Q_{\text{исп}}$ ,  $Q_{\text{пот}}$ .

Энергия, затрачиваемая на облучение материала  $Q_{\text{обл}}=16$  кВт; энергия на нагрев материала  $Q_{\text{наг}}=6,25$  кВт; энергия, расходуемая на испарение влаги  $Q_{\text{исп}}= 8,23$  кВт; энергия, теряемая на окружающую среду  $Q_{\text{пот}}=1,12$  кВт (для установки  $\Pi=0,2$  кг/с)

### §3.4. Расчет ожидаемого экономического эффекта от совершенствования процесса получения масла из ядер арахиса на единицу продукции

Расчет ожидаемого экономического эффекта от совершенствования процесса получения масла из ядер арахиса выполним на единицу продукции, так как производительность шестичанной жаровни составляет 150 т/сут, такая производительность очень высокая, предлагаемая ИК-установка имеет производительность 30 т/сут.

Ожидаемый экономический эффект от совершенствования процесса получения масла из ядер арахиса на единицу продукции, складывается из следующих показателей:

- от снижения затрат на единицу вырабатываемой продукции, т.к. после совершенствования процесса термообработки ядер арахиса из технологической линии можно исключить операцию: измельчение ядер на однопарной вальцовке или на 16-бичевых семенорушках;
- от снижения энергоёмкости и материалоемкости процесса термообработки и интенсификации процесса.

При измельчении ядер на однопарной вальцовке или на 16-бичевых семенорушках расходуется 5 кВт энергии. За сутки работы расходуется  $5 \times 60 \times 24 = 7200$  сум энергии.

В шестичанной жаровне мощность электродвигателя составляет 30 кВт. За сутки работы расходуется  $30 \times 60 \times 24 = 43200$  сум энергии.

Расход пара в жаровне  $950 \times 350 = 332500$  сум.

Общий расход за сутки  $7200+43200+332500=382900$  сум при производительности 150 т/сут или на ед. продукцию расход составляет 2553 сум.

Расход энергии за сутки на ИК-установке  $16 \text{ кВт} \times 60 \times 24 = 23040$  сум

В ИК-установке используется электродвигатель транспортера 1 кВт или расход составляет  $60 \times 24 = 1440$  сум.

Производительность установки 30 т/сут или на ед.продукции расход составляет 816 сум.

Кроме этого ИК-установка имеет очень маленькие габариты по сравнению шестичанной жаровней и экономия металла здесь налицо.

## ВЫВОДЫ

1. Проанализировано современное состояние процесса тепловой обработки ядер орехоплодных культур для извлечения масла, в том числе проведен анализ существующих способов и установок для термообработки и сушки масличных ядер и семян, изучены технология производства масла из ядер арахиса и характеристика арахисового масла.

Изучены изменения физиолого-биохимических свойств ядер арахиса и качества масла при тепловой обработке. Показано, что стадия тепловой обработки ядер арахиса перед прессованием обеспечивает сложные многообразные превращения веществ сырья и влияние его на качество конечного продукта.

2. Создана экспериментальная установка для исследования процесса ИК-термообработки ядер арахиса. Проведено планирование экспериментов, проведены опыты и на основании анализа результатов опытов определены рациональные режимы импульсной ИК-термообработки ядер арахиса перед обезжириванием.

3. Разработана методика инженерного расчета ИК-установки для ядер орехоплодных культур, проведены конструкторский, тепловой и экономические расчеты предлагаемой установки.

#### Список использованной литературы

1. Каримов И.А. Мировой финансово-экономический кризис, пути и меры по его преодолению в условиях Узбекистана.-Т.:Узбекистан, 2009, - 48 с.

2. Руководство по технологии получения и переработки получения и переработки растительных масел и жиров. Том 1, книга1. Под общ.редак. А.Г.Сергеева.- Л.:ВНИИЖ, 1975 г. – 725 с.

3. Базарбаева Д.Ш. Сушка семян хлопчатника при комбинированном энергоподводе. Дисс...канд.техн.наук.-М.:МТИПП, 1982 г.

4. Разрушение клеточной структуры мятки семян хлопчатника при ее обработке // Мехмонов И.И. и др. Тез.докл.респуб.научно-техн.конф., Ташкент, 1990.

5. Сафаров А.Ф. Влаготепловая обработка масличных культур. Дисс...докт.техн.наук- Ташкент: 1992.

6. Гафуров К.Х. Совершенствование и интенсификация процесса сушки ядер плодовых косточек. // Дис...канд.техн.наук – Ташкент, 1994.
7. Белохвостиков И.И., Ветров А.П. Сравнительная оценка сушилок, применяемых для сушки подсолнечника. // «Масложировая промышленность», 1976, №9,-с.34-37.
8. Оборудование предприятий масло-жировой промышленности/ Б.Н. Чубинидзе и др. – М.:Агропромиздат, 1985.-304 с.
9. Устройство сушильное для волокнистых материалов. //А.С. №1052808, Кл.F26811/4, 1982.
10. Байбаков Н.М., Шушпанов П.И. Опыты по термической обработке кунжута с применением инфракрасного излучения и потоков воздуха // Опыты применения новых физических методов обработки пищевых продуктов, ГОСИТИ.
11. Жуховитский Б.Я., Птушкин А.Т. Комбинированная радиационно-высокочастотная обжарка бобов какао и ореховых ядер // Обработка пищевых продуктов излучением. – М.: Пищепромиздат.13. Чубинидзе Б.Н. и др. Оборудование предприятий масло-жировой промышленности.- М.: Агропромиздат, 1985.-304 с.
12. Птушкин А.Т. Исследование электрических способов термической обработки бобов какао // Обработка пищевых продуктов излучением. – М.: Пищепромиздат.
13. Соколовский А.Л. и др. Термическая обработка жиросодержащих ядер радиационным способом // Хлебопекарная и кондитерская промышленность, 1959, №12.
14. Гинзбург А.С. Технология сушки пищевых продуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1976.-247 с.
15. Кунжутное масло с улучшенной окраской и ароматом. Sesame oil with improve color tone and flavor /Заявка 341194 Япония// Сер. 3(3), 1991.
16. Способ получения масел и жиров. / Патент ГДР 290912 МКИ С11 В1/00 №332375, 1991.
17. Повышение выхода оливкового масла при снижении расхода воды. // Fodd Warket. and Technol. -1991,#3, p.12-13.
18. Экстракция с помощью водных ферментативных процессов. // Int.News Flats, Oil and Relat Mater. -1991, #11, p.984-987.
19. Исследование влияния ИК-жарения мятки семян хлопчатника на качественные показатели масла // Сафаров А.Ф. и др. Тез.докл.респуб.научно-техн.конф., Ташкент, 1990.

20. Способ получения хлопкового масла // Артиков А.А. и др. А.С. № 1367471 от 1.04.85.
22. Способ извлечения масла из плодовых косточек // Гафуров К.Х. и др. А.С. №1739624 от 8.02.92.
23. Оптимизация процесса ИК-жарения мятки семян хлопчатника // Усманов А.У. и др. Тез.докл.респуб.научно-техн.конф., Ташкент, ТашПИ, 1988.
24. Щербаков В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья. – М.: Пищевая пром-ть, 1976, -336 с.
25. Семена масличные. Методы испытаний. Государственные стандарты.
26. Руководство по методам исследований, технологическому контролю и учету производства в масложировой промышленности. Том VI выпуск III. Под общей редакцией В.П.Ржехина и А.Г.Сергеева.- Л.:Тип.ВНИИЖ, 1982.
27. Закин Я.Х., Рашидов Н.Р. Основы научного исследования. – Т.: «Укитувчи», 1981,-207 с.
28. Ильясов С.Г., Красников В.В. Физические основы инфракрасного облучения пищевых продуктов. - М.: Пищевая промышленность, 1978, - 358 с.
29. Гинзбург А.С. Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности. М.:-Агропромиздат, 1985, -336 с.
30. Сайты интернет  
[www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)  
[www.referataz.narod.ru](http://www.referataz.narod.ru)  
[www.kolasc.net.ru](http://www.kolasc.net.ru)  
[www.cnit.ssau.ru/do/](http://www.cnit.ssau.ru/do/)  
[www.iefb.agtu.ru/dist/](http://www.iefb.agtu.ru/dist/)  
[www.edu.ioffe.ru](http://www.edu.ioffe.ru)  
[www.scholar.ru](http://www.scholar.ru)  
[www.ilm.uz](http://www.ilm.uz)  
[www.freenet.uz](http://www.freenet.uz)  
[www.uza.uz](http://www.uza.uz)  
[www.aport.ru](http://www.aport.ru)  
[www.google.ru](http://www.google.ru)

## ПРИЛОЖЕНИЯ