Р У С Е Н С К И У Н И В Е Р С И Т Е Т „А Н Г Е Л К Ъ Н Ч Е В”

маг. инж. Сехер Юсниева Кадирова

РАЗРАБОТВАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ПРОЦЕСА ВЛАГОТОПЛИННА ОБРАБОТКА В ИНСТАЛАЦИЯ ЗА ИЗВЛИЧАНЕ НА РАСТИТЕЛНИ МАСЛА

АВТОРЕФЕРАТ

НА
ДИСЕРТАЦИЯ
за придобиване на образователна и научна степен
„ДОКТОР”
по професионално направление
5.2. Електротехника, електроника и автоматика,
научна специалност Електронизация

Русе
2012г.

маг. инж. Сехер Юсниева Кадирова

РАЗРАБОТВАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ПРОЦЕСА ВЛАГОТОПЛИННА ОБРАБОТКА В ИНСТАЛАЦИЯ ЗА ИЗВЛИЧАНЕ НА РАСТИТЕЛНИ МАСЛА

АВТОРЕФЕРАТ

НА
ДИСЕРТАЦИЯ
за придобиване на образователна и научна степен
„ДОКТОР”
по професионално направление
5.2. Електротехника, електроника и автоматика,
научна специалност Електронизация

НАУЧЕН РЪКОВОДИТЕЛ:
доц. д-р. инж. Иван Борисов Евстатиев

РЕЦЕНЗЕНТИ:
1. проф. дсн Никола Вичев Колев
2. доц. д-р. инж. Анатолий Трифонов Александров

Русе
2012г.

Дисертационният труд съдържа 139 страници. Включва 57 фигури, 22 таблици в 4 глави, общи изводи и приноси. Библиографията обхваща 122 заглавия, 25 от които на кирилица и 97 на латиница. В автореферата всички означения, номерацията на фигурите, таблиците и формулите са според означенията в дисертацията.

Дисертационният труд е обсъден от обединено научно звено, сформирано от членовете на катедра „Електроника" към РУ „Ангел Кънчев" и външни хабилитирани специалисти, и насочен за защита пред научно жури.

Изследванията и разработките по дисертационната работа са извършени в Русенски Университет „Ангел Кънчев" и в цех за производство на растителни масла във фирма „Боник ЕООД", гр. Русе.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 25.04.2012г. от 10.00ч. в зала 10.330 на Русенски университет „Ангел Кънчев" на заседание на Научно жури по научна специалност Електронизация, сформирано със заповед на Ректора на Русенски университет.

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в канцеларията на катедра Електроника.

Автор: маг. инж. Сехер Юсниева Кадирова

Заглавие: Разработване и изследване на електронна система за управление на процеса влаготоплинна обработка в инсталация за извличане на растителни масла.

Тираж: 20 бр.

Печатна база на Русенски Университет „Ангел Кънчев".

ОБЩИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Актуалност на проблема

Дисертацията се отнася за актуален проблем свързан с изпълнение и постигане на целите на Европейската енергийна политика за осигуряване на надеждна, сигурна, устойчива и достъпна енергия за всички. Един от ангажиментите на стратегията 20-20-20 приета от Европейската Комисия през 2007г., е намаляване с 20% на потреблението на енергия до 2020г.

Модернизирането на производството създава реални възможности за повишаването на ефективността на производството и конкурентността на произвежданата продукция, чрез повишаване степента на електронизация на производствените процеси. Тази особеност поставя въпроса за непрекъснато усъвършенстване на системите за управление на процесите при производство на растителни масла.

Новите Европейски нормативни изисквания поставят пред индустриалните производители и редица други задачи – опазване на околната среда и намаляване на екологичното замърсяване на планетата, използване на енергийно-ефективни системи за намаляване консумацията на енергия и др.

Съвременното развитие на компютърната техника открива нови възможности за усъвършенстване на системите за управление на процесите и определянето на въздействия, гарантиращи високо качество на получения краен продукт с намалени енергийни разходи.

Обект на изследването

Обект на изследване е влаготоплинната обработка на мливо в инсталация за извличане на растителни масла. Експерименталните изследвания са проведени в цех за извличане на растителни масла в гр. Русе, фирма “Боник ЕООД”.

Цел и задачи на дисертационния труд

Целта на дисертацията е разработване и изследване на електронна система, която усъвършенства управлението на процеса влаготоплинна обработка в инсталация за извличане на растителни масла по термичен метод, като се осигурява необходимото качество при намален разход на енергия.

За постигането на целта е необходимо да се решат следните **задачи:**

1. Да се разработи и изследва модел, описващ процеса влаготоплинна обработка и разхода на енергия в инсталация за извличане на растителни масла по термичен метод, прогнозиращ качеството на продукта и разхода на енергия в зависимост от външните фактори и управляващите въздействия.

2. Да се разработи алгоритъм за работа и структура на електронна система за управление на инсталация за извличане на растителни масла по термичен метод, използващ предложения модел и осигуряващ необходимото качество на продукта при намален разход на енергия.

3. Да се изследва адекватността на разработения модел, описващ процеса влаготоплинна обработка и разхода на енергия в инсталация за извличане на растителни масла по термичен метод.

4. Да се изследва работоспособността на електронната система за управление на процеса влаготоплинна обработка в инсталация за извличане на растителни масла по термичен метод.

Методи за изследване

Методите, използвани за решаването на поставените в дисертационния труд задачи са: теоретичен анализ, моделиране, симулационни и експериментални изследвания и графична и статистическа обработка на получените резултати. Симулационните изследвания са извършени с разработената програма SIM_MEAL. При статистическата обработка е използвана програмата Excel. Графичната обработка е извършена с помощта на Excel.

Научна новост на изследването

Предложен е модел за прогнозиране на изменението на температурата и влажността на мливото при обработката му, на базата на алгоритми, физични и емпирични зависимости. Разработеният модел описва протичащите влаготоплинни процеси, като отчита енергийния баланс и конструктивните особености на пекача. Обосновани са критерии за управление на инсталация за влаготоплинна обработка на мливо при извличане на растителни масла. Разработени са алгоритми и структура на електронната системата за осигуряване управлението на процесите в инсталацията, въз основа на предложения модел. Разработен е програмен продукт „SIM_MEAL” за симулационно изследване на процесите в пекач.

Практическа ценност на изследването

Анализирани са изискванията на технологията за поддържането на важните параметри при влаготоплинна обработка на мливо в инсталация за извличане на растителни масла.

Разработена е система за управление на процесите на влаготоплинна обработка. Системата е внедрена в цех за извличане на растителни масла във фирма „Боник ЕООД”, гр. Русе.

Апробация

Резултатите от дисертационния труд са докладвани и обсъждани на:

- “Хранителна наука, техника и технологии 2008”, УХТ – Пловдив;
- "Хранителна наука, техника и технологии 2009", УХТ – Пловдив;
- Научен семинар в катедра Електроника, Русенски Университет, 2009г.

СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

ГЛАВА 1. ПРОУЧВАНЕ И АНАЛИЗ НА ЕЛЕКТРОННИТЕ СИСТЕМИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ПРОЦЕСА ВЛАГОТОПЛИННА ОБРАБОТКА В ИНСТАЛАЦИИ ЗА ИЗВЛИЧАНЕ НА РАСТИТЕЛНИ МАСЛА

В глава 1 е направен анализ на методите за предварителна обработка на маслодайни суровини и обзор на съществуващите модели и решения за управление на системите. Формулирани са следните основни изводи:

1. В литературата не съществува единно мнение за количествената оценка на изменението на параметрите на процесите при обработване на маслоносни суровини, както и за единни математически модели, описващи тези процеси.
2. Съществуващите модели на процесите са многообразни, но техните структура и специфика обхващат само частни случаи за управление.
3. Използваните технологични обекти се характеризират с големи енергийни разходи и субективизъм при избора на режим на работа. Това се отразява неблагоприятно върху качеството на крайната продукция.
4. Съвременното производство на екологично чисти продукти изисква разработване и доусъвършенстване на технологиите за извличане на растителни масла без използване на химически разтворители.
5. При управлението на процесите са необходими динамични модели, чрез които да се отчита изменението на основните параметри в зависимост от многообразието на входните въздействия.
6. Установяването на ефективните технологични параметри и продължителност на обработка, изисква да се проведат симулационни и производствени изследвания.

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧНА ОБОСНОВКА НА ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ПРОЦЕСА ВЛАГОТОПЛИННА ОБРАБОТКА В ИНСТАЛАЦИЯ ЗА ИЗВЛИЧАНЕ НА РАСТИТЕЛНИ МАСЛА

2.1. Моделиране на процеса влаготоплинно обработване на маслоносен материал в пекач

2.1.1. Специфика на обекта за моделиране

Обект на изследване в настоящата дисертация е влаготоплинната обработка на мливо, която се осъществява в пекачи.

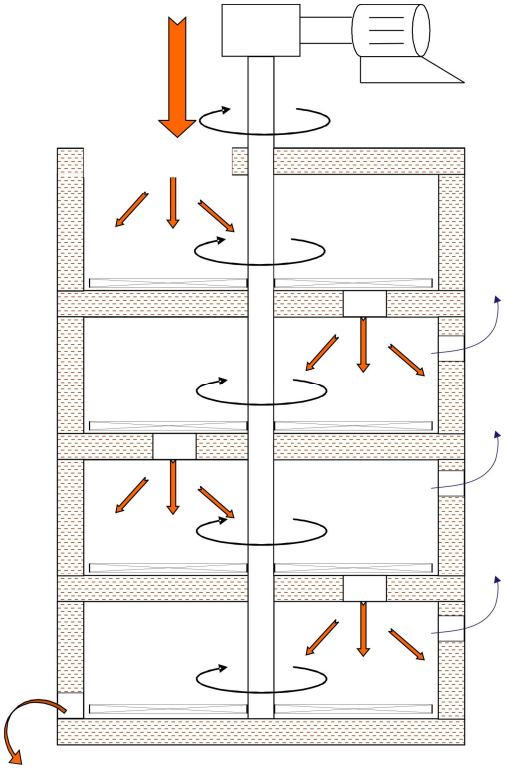
Съвременните тенденции, които са свързани със здравословното хранене от една страна и опазването на околната среда от друга страна, създават необходимостта от разработване на ефективни технологии за обработка на хранителни продукти без използване на химични примеси. Стимулира се създаването на нови модели и технологии при обработка на маслодайни семена с използване на механични средства, базирани на екструдирането на материала като алтернатива на използване на органични разтворители

Особеностите в отделните етапи на технологичния процес за извличане на растително масло са основа за моделиране на влаготоплинната обработка на маслоносен материал и избор на подходящо управление с цел постигане на ефективно управление на процеса за получаване на количествен и качествен краен продукт.

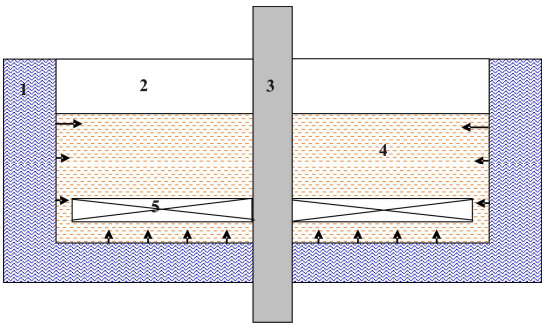
В настоящата дисертация за обект на моделиране е избрана влаготоплинната обработка на мливо, понеже тя оказва най-съществено влияние върху качеството и количеството на получения краен продукт.

Основни параметри на пекачите за влаготоплинна обработка

Пекачите представляват цилиндрично тяло, състоящо се от няколко отделни секции, имащи маслени ризи. През маслената риза се пропуска загрят флуид, носещ енергията за нагряване (фиг.2.1). Обработваното мливо се загрява индиректно чрез пренос на енергия от флуида, който циркулира в маслената риза и двойното дъно на пекача. Преминавайки през всички секции на пекача, материалът се загрява до необходимата температура за определено време, изсушава се до зададената влажност и след това се подава за последваща обработка. Преносът на енергия от загретия флуид към мливото е през метална стена (фиг.2.1). Пекачът се състои от 4 отделни секции, но в зависимост от производителя на пекача и производствения капацитет на предприятието, за което е предназначен може да се променя броят на секциите. Структурата на пекач е представена на фиг.2.1., а на отделна секция на фиг.2.2. Топлообменът през стените на секцията се разглежда като топлообмен през плоска стена с известни топлинни потоци от двете й страни във всеки момент от времето.



Фиг. 2.1 Вертикален разрез на пекач



1 - стена на секцията;
2 - въздушно пространство в секцията;
3 - вал;
4 - мливо;
5 - разбъркваща перка.

Фиг. 2.2 Вертикален разрез на секция

Основни параметри на смления маслоносен материал

Първият етап от моделирането е обосноваване на модел за влаготоплинна обработка и моделиране на процеса на изпичане на единичен слой маслоносен материал. Този етап е основен, тъй като в него се разглеждат процесите на нагряване и отдаване на влага от всеки единичен слой намиращ се в секцията на пекача.

Процесът влаготоплинна обработка е свързан с формата и размера на единичната частица, вида на обработвания материал, топло-физичните характеристики на различните видове маслоносен материал. Отделните единични частици нямат регламентирано положение едно спрямо друго, поради непрекъснатото им движение в пекача.

2.1.2. Основни зависимости при моделиране на топлообмена между стените на секцията и мливото

Топлообменът е процес на пренасяне на топлина от област с по-висока температура към област с по-ниска температура. Интензивността на топлообмена зависи от физическите свойства на веществото, в частност от неговата плътност. Ако температурата на нагревателя и нагряваното тяло не се изменят във времето се наблюдава система със стационарно или установено температурно поле. При стационарен процес на топлообмен, топлинния поток, преминаващ в тялото за единица време е постоянен. Съгласно приетата постановка за смесен конвективен с лъчист топлообмен между стените на секцията и мливото, в статичен режим **обменът на топлина,** в W се представя с:

$$\dot{Q}_{КОНВ} = \alpha_{ОБЩ}.F_{КОНВ}\left(t^{МЛ}_{СТЕНА} - t_{МЛ}\right) + \alpha_{ЛЪЧИСТ}.F_{ТАВА}\left(t^{МЛ}_{СТЕНА} - t_{МЛ}\right), \qquad (2.7)$$

където $\dot{Q}_{КОНВ}$ е обменения общ топлинен поток чрез конвективен и лъчист топлообмен между нагрятата стена и мливото, W; $\alpha_{ОБЩ}$ - общ коефициент на топлопредаване, $W.m^{-2}.K^{-1}$; $F_{КОНВ} = F_{ТАВА} + F_{СТЕНА}$ - площта на топлообменната повърхност при смесен конвективен и лъчист топлообмен, m^2; $F_{ТАВА}$ - площта на тавата (дъно или таван на секцията), m^2; $F_{СТЕНА}$ - площта на стената на секцията, m^2; $t^{МЛ}_{СТЕНА}$ и $t_{МЛ}$ - температурите на нагрятата стена и на мливото, $°C$.

Общият коефициент на топлопредаване се определя в $W.m^{-2}.K^{-1}$ с израза:

$$\alpha_{ОБЩ} = \alpha_{КОНВ} + \alpha_{ЛЪЧИСТ}, \qquad (2.8)$$

където $\alpha_{КОНВ}$ е конвективният коефициент на топлопредаване, $W.m^{-2}.K^{-1}$; $\alpha_{ЛЪЧИСТ}$ - корекцията на коефициента за топлопредаване от лъчистия топлообмен, $W.m^{-2}.K^{-1}$.

Определянето на $\alpha_{ИЗЛ}$ е според:

$$\alpha_{ЛЪЧИСТ} = \varepsilon_{ПР}.C_0.\theta, \qquad (2.9)$$

При еднакви излъчващи повърхности, приведената степен на чернота се определя съгласно:

$$\varepsilon_{ПР} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_{СТЕНА}} + \frac{F_{СТЕНА}}{F_{МЛ}}\left(\frac{1}{\varepsilon_{МЛ}} - 1\right)}, \qquad (2.10)$$

където $\varepsilon_{СТЕНА}$ и $\varepsilon_{МЛ}$ са степените на чернота на стената и мливото.

Температурният коефициент се определя с, K^3:

$$\theta \approx 0{,}04\left(\frac{T_{СР}}{100}\right)^3, \qquad (2.11)$$

където $T_{СР}$ е средната температура, K.

Определя се в K от уравнението:

$$T_{СР} = \frac{1}{2}\left(T_{СТЕНА}^{МЛ} - T_{МЛ}\right). \quad (2.12)$$

2.1.3. Основни зависимости при моделиране на топлообмена през стените на секцията между маслото и мливото

Топлообменът през стените на секцията между маслото и мливото се разглежда като топлообмен през плоска стена с известни топлинни потоци от двете й страни във всеки момент от времето. Секцията се представя като приведена плоска стена с повърхност, равна на тавата и стената.

Топлообменната повърхност е, m^2:

$$F_{СЕКЦИЯ} = F_{ТАВА} + F_{СТЕНА}, \quad (2.13)$$

Топлообменът се представя с израза за статичен режим на топлопроводност. Топлинният поток, който преминава през стена с дебелина δ, при което се създава температурна разлика $(T_1 - T_2)$, W е:

$$\dot{Q} = \frac{\lambda}{\delta} F.(T_1 - T_2), \quad (2.14)$$

Инерционните свойства на стената се отчитат с калориметричното уравнение:

$$Q = m.c_{СТ}.(T_1 - T_2), \quad (2.15)$$

2.2. Разработване на алгоритми за моделиране на влаготоплинната обработка на мливо в пекач

Моделното предсказващо управление (МПУ) се отнася към клас алгоритми за управление, които използват модел на обекта за управление. Този модел се използва за прогнозиране на бъдещите стойности на обекта. Във всеки такт на управление, алгоритъмът на МПУ се стреми да оптимизира бъдещото поведение на обекта чрез изчисляване последователността от бъдещите стойности на управляващите въздействия. Първата стойност се подава на входа на обекта, след което цялата изчислителна процедура се повтаря за всеки следващ такт. Първоначално разработен за нуждите на енергетични обекти и нефтени рафинерии, по-късно МПУ намира широко приложение в редица промишлености, като химическата, хранително-вкусовата, автомобилната, роботиката и др.

2.2.1. Алгоритъм за изчисляване на енергийния баланс в стената на секцията

За определяне на енергийния баланс, стената на секцията се представя като плоска стена. На фиг. 2.9 е даден алгоритъм за определяне на енергийния баланс.

За изчисляването на температурното поле в стената на секцията, тя се разбива условно на тънки слоеве с дебелина $\Delta\delta$. За всеки участък се отчита изменението на енергийното му състояние.

Енергийния баланс на първи слой, се формира от постъпващия енергиен поток от флуида за предходният момент от време ($E_{СТЕНА}^{ФЛУИД}$) и енергийният поток преминаващ към втори слой

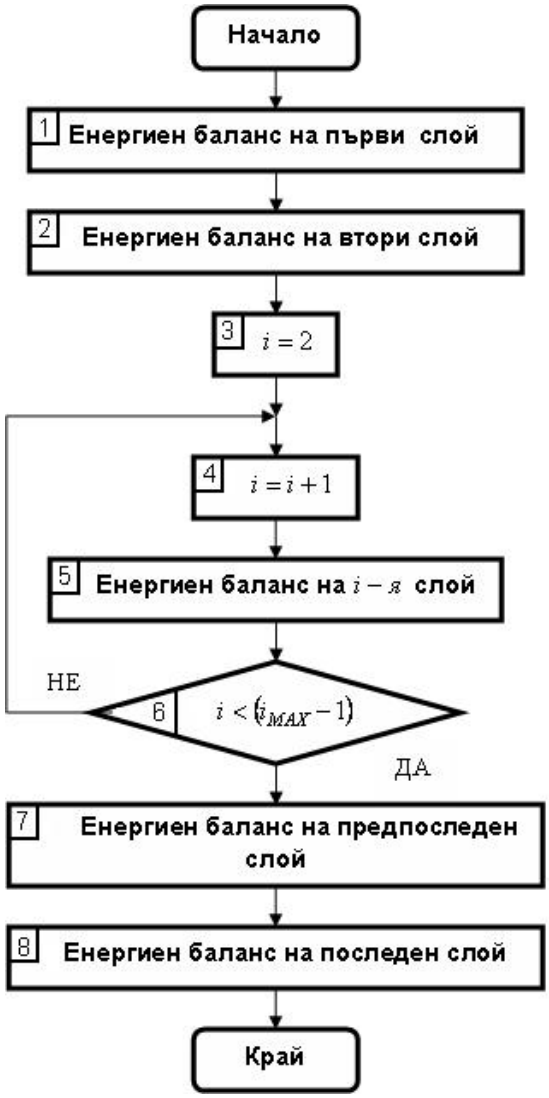
$$\Delta E(1.\Delta\delta;\tau) = E_{СТЕНА}^{ФЛУИД}(\tau - \Delta\tau).\Delta\tau - \frac{\lambda}{\Delta\delta} F.\Delta\tau\left\{T\left[1.\Delta\delta;(\tau - \Delta\tau)\right] - T\left[3.\Delta\delta;(\tau - \Delta\tau)\right]\right\}, W \quad (2.32)$$

За втори слой баланса е

$$\Delta E(2.\Delta\delta;\tau)=\frac{t_{ФЛУИД}-T\left[2.\Delta\delta;(\tau-\Delta\tau)\right]}{\frac{1}{\alpha_{ФЛУИД}}+\frac{\lambda}{\Delta\delta}}F-\frac{\lambda}{\Delta\delta}F.\Delta\tau\left\{T\left[2.\Delta\delta;(\tau-\Delta\tau)\right]-T\left[4.\Delta\delta;(\tau-\Delta\tau)\right]\right\},W \tag{2.33}$$

Аналогични са зависимостите съответно за последния и предпоследния слоеве. Енергийният баланс за i-ти слой се формира от преминаващите енергийни потоци през съседните слоеве чрез топлопроводност

$$\Delta E(i.\Delta\delta)=\left\{T\left[(i-2).\Delta\delta;(\tau-\Delta\tau)\right]-T\left[i.\Delta\delta;(\tau-\Delta\tau)\right]\right\}\frac{\lambda}{\Delta\delta}F\ ,W. \tag{2.34}$$

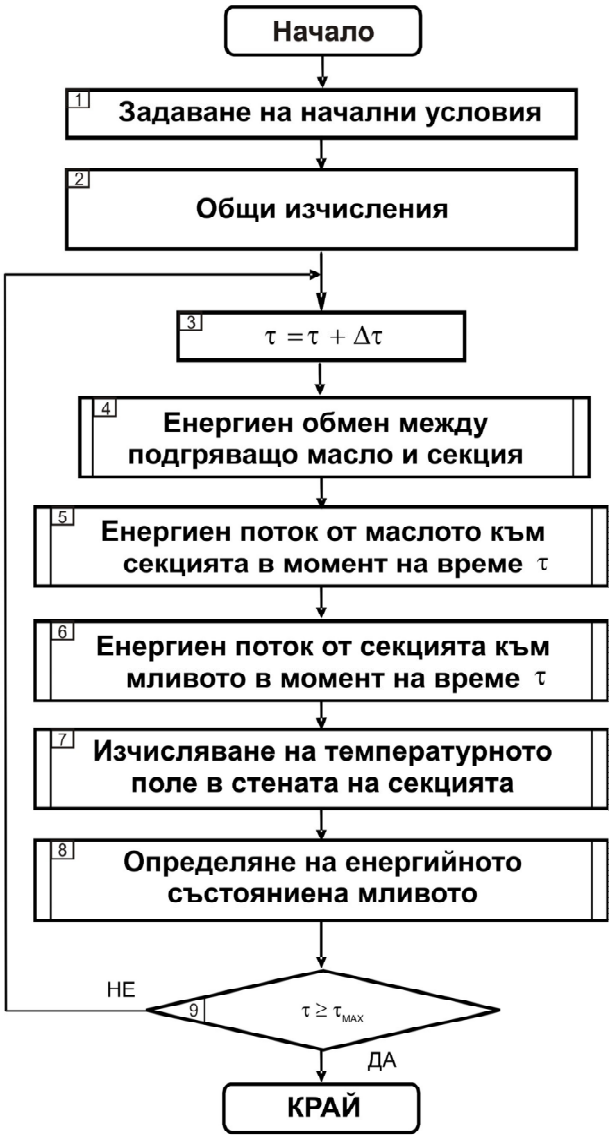


Фиг. 2.9 Алгоритъм за изчисляване на енергийния баланс в стената на секцията

В алгоритъма (фиг.2.9) в блокове 1 и 2, за първи и втори слоеве, чрез зависимости съответно (2.32), (2.33) и калориметричното уравнение се изчислява енергийния им баланс. Аналогични са зависимостите за последния и предпоследен слоеве (блокове 7 и 8), както и за i-ия слой (блок 5, зависимост (2.34). Изменението на слоевете се организира от блокове 3, 4 и 6.

2.2.2 Обобщен алгоритъм на модела

Моделирането се извършва на базата на обоснованите основни приближения и зависимости, следвайки енергийният поток в секцията. За описването на процеса се прилага метода на крайните разлики.



Фиг. 2.9 Обобщен алгоритъм за моделиране на температурно-влажностния режим на мливо

Съгласно метода, времето и пространството се разделят на безкрайно малки интервали, в който процесите може да се опишат със зависимости за статичен режим на топлообмен.

Алгоритмичният модел реализира връзката между отделните елементи на обекта, като във всеки момент от време и на всеки елементарен участък от

пространството се изчислява енергийния баланс на базата на входящите и изходящи топлинни потоци за текущ момент от времето τ, определящо за изчислението е състоянието на материята в предходният момент от времето $\tau - \Delta\tau$. Обобщения алгоритъм е показан на фиг.2.9. Въвеждат се данни за обработвания маслоносен материал, степени на чернота на стената и мливото, коефициент на лъчеизпускане на абсолютно черното тяло, конвективен коефициент на топлопредаване стена-мливо, плътност на мливото по зърнена проба, дебит на загряващото масло, коефициент на топлопроводност, специфичен топлинен капацитет и плътност на загряващото масло, специфичен топлинен капацитет на водата, енергия за изпаряване на водата, временен интервал и максимално време на престой на мливото в секцията.

В блок 2 се извършват общи изчисления свързани с параметрите на конвективен топлообмен между флуида и стените на секцията - критерии на подобие на Нуселт и Пекле, коефициентът на топлопроводност на флуида, коефициентът на конвективен топлообмен и др. Изнасянето им извън цикъла е възможно поради постоянството на дебита, параметрите на флуида и геометрията на секцията.

В блок 4 се изпълнява подалгоритъм за определяне на енергийния обмен между подгряващия флуид и секцията на пекача. Преносът на енергия от загретият флуид към мливото е през метална стена. Топлообменът през стените на секцията между загряващият флуид и мливото се разглежда като топлообмен през плоска стена с известни топлинни потоци от двете и страни във всеки момент от времето. Секцията се представя като приведена плоска стена с повърхност равна на тавата и стената. При това приведената площ е равна на сумата от площите на дъното и цилиндричната част, а приведената дебелина е равна на дебелината на дъното и стените. Такова допускане се приема поради големите топлоотдаващи площи на секцията, малката дебелина на стената и малките разлики на изменение на температурата на загряващия флуид в секцията. Малките изменения на температурата на загряващия флуид се обясняват от големия му дебит и непрекъснатата циркулация. Топлообменът през стената на пекача се представя с израза за статичен режим на топлопроводност.

Преносът на енергия между загряващият флуид и стената, поради непрекъснатата принудителна циркулация на маслото се описва с конвективен топлообмен. За определяне коефициента на топлопредаване между флуида и стената, се използва зависимост за ламинарно течение на флуид между две успоредни пластини при постоянна повърхностна температура. Използването на тази зависимост се обосновава с факта, че дъното представлява две успоредни стени с форма на кръг, между които тече горещият флуид. Цилиндричната част от секцията, представлява две успоредни цилиндрични стени, между които тече флуида. Това може да се допусне поради малкото изменение на температурата на флуида през преминаването на секцията и допълнителното изравняване на отдадената енергия от горещата повърхност към мливото, поради непрекъснатото му размесване. Коефициентът на конвективен топлообмен се определя от критерият на Нуселт.

На базата на енергийния баланс от постъпваща и отделяща се от секцията енергия, температурното поле в стената на пекача се изчислява в блок 7. Енергийното състояние на мливото се определя в блок 8.

2.3. Методики за провеждане на експериментални изследвания

Целите на изследването са:

- ❖ проверка на разпределението на енергийните потоци за нагряване на материала и изпаряване на влагата при термична обработка на мливото;
- ❖ проверка адекватността на модела;
- ❖ проверка работоспособността на електронната системата за осигуряване на управление на процеса при намален разход на енергия.

Разработени са 4 методики:

2.3.1. Методика за изследване на разпределението на енергийните потоци при термична обработка на мливо;

2.3.2. Методика за проверка адекватността на модела;

2.3.3. Методика за определяне на минималното време на обработка на мливото в пекача чрез изчисляване на скоростта на преминаването му през пекача;

2.3.4. Методика за изследване работоспособността на електронната система.

2.4. Изводи

От направеното описание на явленията при моделирането на процесите могат да се направят следните изводи:

1. Обосновани са основните зависимости при моделирането на процесите протичащи при влаготоплинна обработка на маслоносен материал в пекач и в отделните му секции.

2. Обосновани са основните приближения и използваните зависимости за описване на енергийните потоци между отделните елементи на конструкцията, загряващият агент, околната среда и мливото.

3. Разработеният модел на протичащите термодинамични процеси във времето при влаготоплинна обработка на мливо в пекач, предлага възможност за анализиране и управление на процеса.

4. Основните параметри за управление с електронна система за контрол на процеса са обосновани и доказани чрез физичните и термодинамичните параметри на обработвания маслоносен материал и устройствата, в които протича процесът. Това са скорост на движение на материала, дебит на загряващия флуид и продължителност на влаготоплинна обработка.

5. Чрез синтезирания модел може да се симулира процеса на влаготоплинна обработка на мливо във времето. Това позволява да се подбере подходящото входно въздействие за прецизното управление на процеса.

6. Разработен е програмен продукт за персонален компютър, демонстриращ възможностите на модела.

7. Предложени са методики за моделиране и симулиране на влаготоплинните процеси, протичащи в пекачи за предварителна обработка на мливо, осигуряващи намаляване на технологичното време за обработка на маслоносния материал и икономия на енергия, като се осигурява високо качество на влаготоплинно обработения краен продукт.

8. Чрез симулация на базата на модела е удобно да се подберат режими на работа, водещи до намаляване на относителният разход на енергия и бърза реакция на системата при промяна на условията на работа на системата.

9. Разработени са методики за провеждане на експериментални изследвания, също така и за оценка на адекватността на предложените модели и на електронната система за управление.

ГЛАВА 3

РАЗРАБОТВАНЕ НА ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ИНСТАЛАЦИЯ ЗА ВЛАГОТОПЛИННА ОБРАБОТКА, ОСИГУРЯВАЩА КАЧЕСТВЕНО ПРЕДВАРИТЕЛНО ОБРАБОТВАНЕ НА МЛИВОТО ПРИ ПОНИЖЕН РАЗХОД НА ЕНЕРГИЯ

3.1. Обосноваване на критерии за управление на инсталация за извличане на растителни масла

Критериите за оценка на влаготоплинната обработка на мливо, се използват при разработването на симулационен модел и структура на електронна система, на базата на които се управлява процеса влаготоплинна обработка в инсталация за извличане на растителни масла.

Спазването на технологичните изисквания при влаготоплинна обработка на мливо за извличане на растителни масла е от особено значение за качеството на получения краен продукт. Те спомагат да се дефинират критерии за управление на процеса чрез разработване на алгоритми и електронна система, за получаване на необходимото качество на маслоносния материал.

Критериите и алгоритъмът за оценка са необходими, за да се прогнозира и управлява качеството на обработеното мливо на базата на основните параметри за контрол – температура и влажност на мливото, температура на загряващия флуид, работна височина на мливото в секцията на пекача и време за температурна обработка в една секция на пекача. Степента на изпичане на мливото е основен фактор, определящ количеството и качеството на извлеченото растително масло.

3.1.1 Критерий за достигнати температура и влажност на мливото за преминаване в следващата секция на пекача

При температурната обработка на мливото част от енергията се използва за загряване на материала, а другата част за повишаване на температурата на влажния материал, при което влагата от него се изпарява. В отделните тави височината на мливото влияе върху процеса самопропарване. Мливото пада на нагряваното дъно, повишава температурата си и съдържащата се в него влага се изпарява. Получените водни пари се преместват в горния слой на мливото. Преминавайки през по-студените слоеве, те кондензират и отдават топлина. При този процес влажността на мливото, което е в контакт с нагряваната повърхност намалява, а в горните и средни слоеве се увеличава. Кондензиралата се влага се премества надолу към слоя, който е в контакт с нагряваната повърхност и отново се изпарява и премества във вид на пара към горните слоеве. Това води до забавяне на процеса изсушаване, което е благоприятно за обработвания материал. Ако температурата и влажността в най-долния слой на мливото за текущата секция на пекача са достигнали зададените максимални гранични стойности, то трябва да премине в следващата секция. Направените проучвания и

изследвания определят зададените в табл. 3.1 гранични зони на температурата и влажността на мливото, на базата на които е формулиран Критерий 1.

Таблица 3.1.

Стойности на температурата и влажността на мливото във всяка секция на пекача

Номер на секция в пекача	Изменение на температурата на мливото в секцията, °C	Изменение на влажността на мливото в секцията, %
1	**2**	**3**
Първа	20...50	11...9,5
Втора	51...75	9,5...7
Трета	76...95	7...4,5
Четвърта	96...115	4,5...2,5

Критерий за оценка 1: *Температурата и влажността на обработеното мливо от царевични зародиши във всяка секция на пекача трябва да се намират в диапазоните посочени в колони 2 и 3 на табл.3.1.*

3.1.2 Критерий за достигнато ниво на обработвания материал в секцията

По време на работа с етажен пекач е необходимо да се контролира равномерното преминаване на материала от секция в секция, за да се гарантира качеството му на изпичане. Ако количеството материал в секцията е под определеното ниво за ефективна работа, то той изгаря в резултат на прегряване. Ако е над това ниво, материалът остава суров и стените на мастните клетки не могат напълно да се разрушат.

Допълнително към тези изисквания трябва да се добави и условието, че при нагряване телата разширяват обема си и затова е необходимо да се осигури свободна зона с обем до 30% от обема на секцията на пекача. От това условие се определя и по-големия обем на първата секция на пекача. В нея се извършва първоначално доовлажняване, нагряване и разширяване на материала за последващото в другите секции освобождаване на влага от него. Първата секция се явява като помощен входен бункер за постъпващия маслоносен материал.

Критерий за оценка 2: *Нивото на мливото за всяка секция в етажни пекачи при обработка на маслоносен материал е необходимо да е 2/3 от височината на секцията.*

3.1.3 Критерий за достигната температура на обработения материал на изхода на пекача

При загряване на мливото се повишава температурата на съдържащото се в него масло, което води до ускоряване на топлинното движение на молекулите на маслото и отслабване на междумолекулните сили на сцепление. Това от своя страна води до намаляването на вискозитета и повърхностното напрежение на съдържащото се масло в мливото. За предпазването на маслото от интензивни окислителни процеси се препоръчва температурата на мливото при влаготоплинната обработка да не бъде по-висока от посочените в табл.3.2. Определящи за избора са вида на обработвания материал и последващата технологична операция. При достигане на граничната температура на мливото се запазва качеството на извлеченото масло и добивът му се увеличава значително. От друга страна, силно затопленото масло в мливото разтваря повече от

съдържащите се в него и образуващите се през време на печенето мирисни, вкусови и багрилни вещества. В табл.3.2 са дадени оптималните стойности на температурата и влажността на мливото за извличане на масло за различни маслодайни семена, въз основа на които се формира критерий 3.

Таблица 3.2.

Стойности на температурата и влажността на мливото при извличане на масло за различни маслодайни семена

Мливо получено от	Начална влажност на мливо , %	Мливо обработено за предварително пресоване		Мливо обработено за окончателно пресоване	
		Влажност, %	Температура, °C	Влажност, %	Температура, °C
1	2	3	4	5	6
Слънчоглед	9,0	5,0...6,0	95...105	3,0...4,0	120...125
Соя	12,5	7,5...8,5	95	не се прилага	не се прилага
Рицин	8,0...8,5	4,5...5,0	95...100	3,0...4,0	110...115
Рапица	10	5,0...6,0	100...105	4,0...5,0	105...110
Лен	9,0...10,0	6,0...7,0	90...100	3,5...4,0	95
Фъстък	9,0...10,0	7,0...8,0	95...100	5,0... 6,0	95...100
Царевичен зародиш	10,0...11,0	4,0...5,0	105...108	2,5...3,2	105...115

Критерий за оценка 3: *Температурата на обработения материал от царевични зародиши на изхода на пекача трябва да е в диапазона 105 - 115°C (колони 4 и 6 от табл. 3.2).*

3.1.4 Критерий за достигната влажност на мливото на изхода на пекача

Постъпващото за пресоване обработено мливо е необходимо да бъде с достатъчно пластична и еластична структура. Превишаването на оптималната за пресоването влага на изпечения маслоносен материал води до преминаването му между заерните пластини и получаване на експелер с високо маслено съдържание. Намаляването на влагата в сравнение с оптималната довежда до получаване на сипещ се експелер също с повишена масленост. При еднаква температура и налягане при пресоване на мливо с различна влажност, се наблюдават значителни разлики в степента на свиване. Материалът с по-голяма влажност се характеризира със значително по-висока степен на свиване, в сравнение с този с по-ниска влажност.

Критерий за оценка 4: *Влажността на обработеното царевично мливо на изхода на пекача трябва да е в диапазоните зададени в колони 3 и 5 на табл.3.2*.

3.1.5 Критерий за достигната продължителжост на обработка на мливото в пекача

При прилагане на влаготоплинна обработка на мливото, в него протичат характерни процеси, като те са предимно в белтъчните му вещества. Водата се поглъща от хидрофилните части на мливото, като така набъбва неговата гелна част и се увеличава пластичността му. Степента на тези изменения е в зависимост от продължителността на въздействието на влагата и топлината. Кинетиката на абсорбция на влагата се определя предимно от времето и температурата, при която протича процесът. Абсорбцията на влага от зърнените продукти протича в две фази: *първа фаза* с голяма скорост на абсорбция на влагата и втора - със значително по-малка скорост на абсорбция. *Втората фаза* може да продължи до настъпване на равновесие. Те се наричат съответно дифузионна и релаксационна фаза.

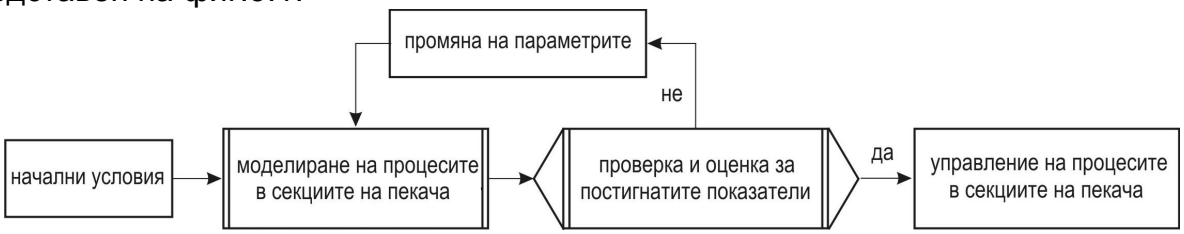
Минималното време, необходимо за коагулиране на белтъците при обработване с директна пара е 30 min. С цел получаване на мливо със зададени в табл.3.2 параметри се налага прилагане на индиректно загряване на обработвания материал. Това изисква увеличаване на минималното време за престой на мливото в пекача до 40...80 min, като този интервал от време се определя в зависимост от вида на обработвания маслоносен материал и последваща технологична операция. При обработването на мливо от царевични зародиши за окончателно пресоване материалът трябва да се обработи топлинно в продължение на най-малко 40 min. Този период трябва да бъде разделен по равно за всички секции на пекача в зависимост от конструкцията му.

Критерий за оценка 5: *Продължителността на обработка на мливото в пекача трябва да е в интервала от 40 до 80 min.*

3.2. Разработване на алгоритми за управление на инсталация за влаготоплинна обработка на мливо при извличане на растителни масла

3.2.1 Блокова схема за оценка на влаготоплинната обработка на мливо при извличане на растителни масла

Алгоритъмът за оценяване и управление чрез електронна система на влаготоплинния процес при извличане на растителни масла, разработен на базата на предложените критерии за оценка на качеството на обработваното мливо е представен на фиг.3.1.



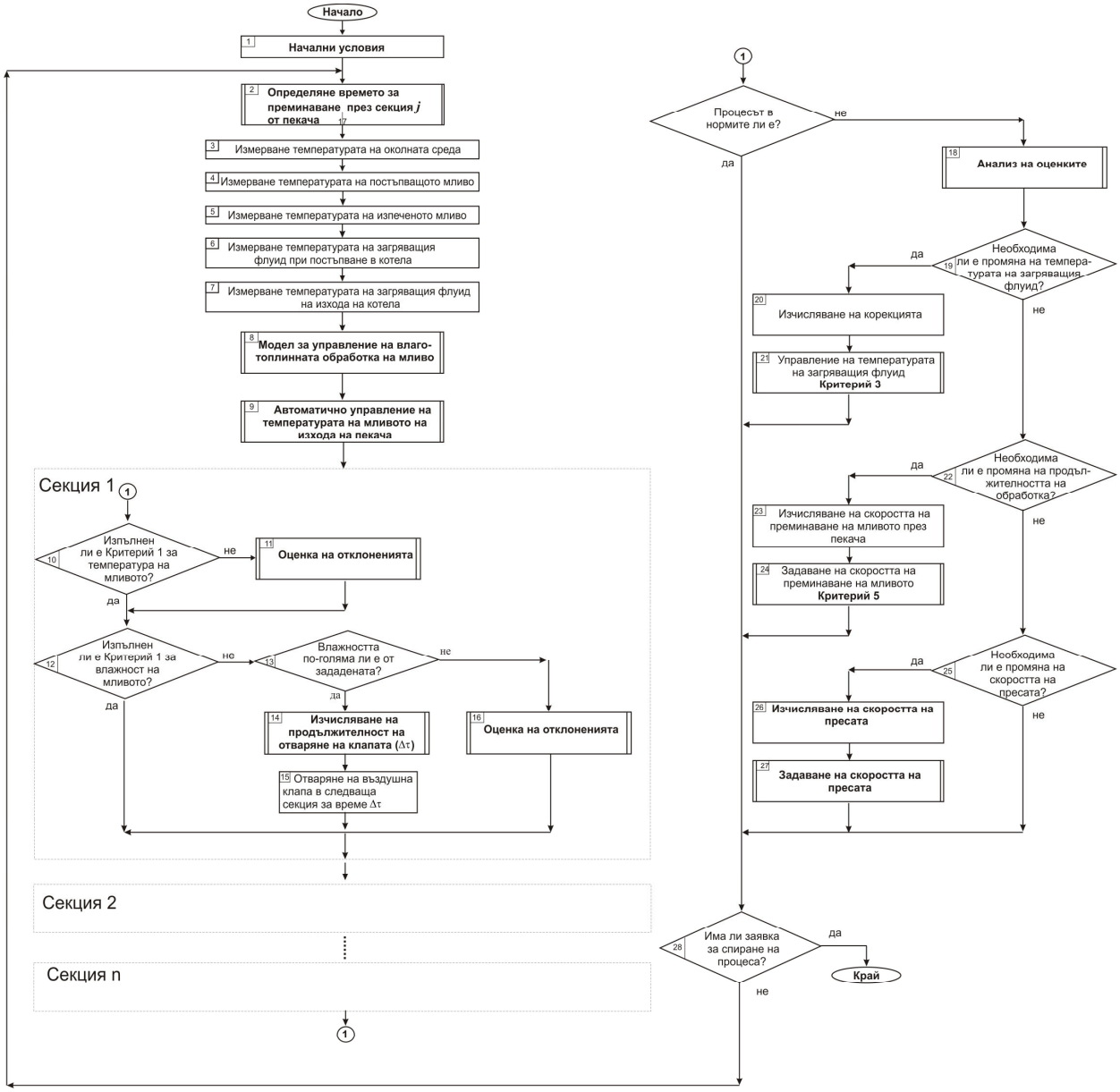
Фиг.3.1. Блокова схема за оценяване и управление на процеса на влаготоплинна обработка на мливо в пекач

В началните условия се задават вида, началната температура и влажност на маслоносния материал, вида на влаготоплинна обработка в зависимост от следващата технологична операция, специфични параметри на обработваното мливо и температурата на загряващия флуид. При моделирането се получават характерните параметри на процеса влаготоплинна обработка на мливо – температура и влажност на мливото за всяка секция. На базата на получените резултати се извършва оценка на качеството на обработваното мливо. При постигане на условията от дефинираните критерии се преминава към управление на температурата на загряващия флуид и отработения въздух чрез изпълнителните механизми, управлявани по представения алгоритъм от електронната система. Ако не са постигнати оптималните условия се променят параметрите на системата и отново се преминава към моделиране. Процесът продължава до достигане на зададените температура и влажност на обработваното мливо на изхода на пекача.

3.2.2. Разработване на алгоритъм за работа на електронната система

Алгоритъмът за управление на електронната система на пекача е показана на фиг. 3.2.

В блок 1 се въвеждат началните условия. Задават се: вид на обработваната суровина, размери на частиците на обработваното мливо, минималното време на обработка на мливото в пекача, начална и крайна влажност, начална и крайна температура.



Фиг. 3.2. Алгоритъм за управление на електронната система на пекача, основан на критериите за оценка на качеството

Базирайки се на критериалните изисквания за минимална продължителност на обработка и конструктивните особености на пекача, в блок 2 се определя времето на обработка на мливото във всява една от секциите на пекача.

В блокове 3...7 се извършва измерване на основните температури, които оказват влияние върху протичащите процеси - съответно температура на околната среда, температура на постъпващото и обработеното мливо и температура на входящ и изходящ от пекача загряващ флуид.

Моделирането на процесите и генерирането на резултати за управление на процеса се извършват в блок 8 от разработения модел за влаготоплинна обработка на мливото.

В блок 9 се прилага автоматично управление за поддържане на температура на мливото на изхода.

В блокове 10...16 се организират стъпките от алгоритъма, които се изпълняват за всяка секция. В блок 10 се проверя изпълнен ли е критерий 1 за достигната температура на мливото за преминаване в следващата секция на пекача. При неизпълнение на условието в блок 11 се прави оценка на отклоненията на температурата на мливото от диапазоните, зададени в критериите. При изпълнение на условието се проверява изпълнен ли е критерий 1 за достигната влажност на мливото за преминаване в следващата секция на пекача. При неизпълнение на условието се преминава към изпълнение на същите стъпки за следващите секции на пекача. При неизпълнение на предното условие, в блок 13 се проверява дали изчислената от модела стойност на влажността е по-голяма от граничните стойности в критериите. При наличие на по-голяма влажност на мливото в блокове 14 и 15 се изчислява времето за отваряне на клапите в поредната секция и се прилага управляващо въздействие на електронната система. Клапите за отвеждане на отработения въздух се отварят за период от време с продължителност $\Delta\tau$. Наситеният с пари влажен въздух се изнася извън секцията. Свободното въздушно пространство на секцията вече е с по-ниско влагосъдържание в сравнение с обработваното мливо и по този начин се увеличава интензивността на изпарение на влагата от мливото, защото се осигурява по-бързо преминаване на влагата от мливото във въздуха намиращ се в секцията. В случай, че влажността е под нормите и мливото е пресушено се прави оценка на отклоненията.

Операциите от блокове 10 до 16 се повтарят за всички секции на пекача.

В блок 17 се проверява дали процесът е в норми. При неналичие на отклонения и липса на заявка за прекъсване с цел спиране на системата, цикълът се затваря преди блок 2 и стъпките се повтарят.

При наличие на отклонения се прави анализ на оценките генерирани от предходните стъпки.

В блок 19 се проверява необходима ли е промяна на температурата на загряващия флуид. При необходимост в блокове 20 и 21 се изчислява корекцията на температурата и се прилага съответното управляващо въздействие.

Когато температурата не е достигнала зададената стойност, а влажността е спаднала под предложената стойност – електронната система увеличава скоростта на движение на материала и не се изпуска влажния въздух. По този начин се поддържа висока влажност на въздуха във въздушното пространство на секцията и се осигурява много добро циркулиране на влагата между слоевете на материала.

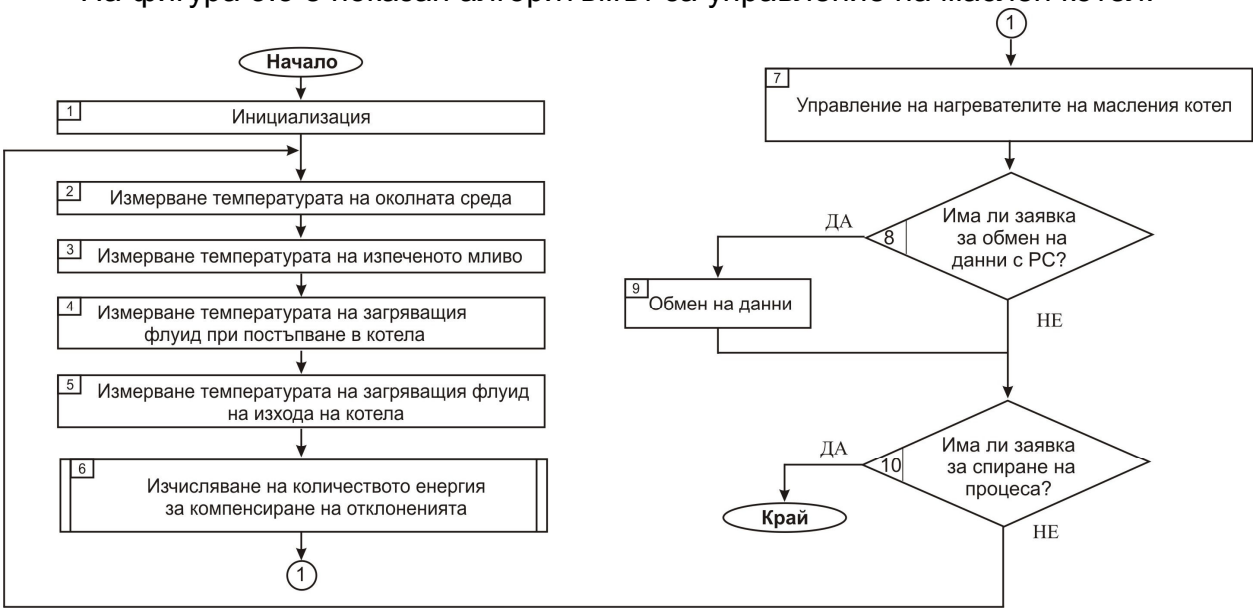
При достигане на зададената температура на мливото и недостигане на зададената влажност от дефинираните критерии, електронната система намалява скоростта на преминаване на мливото. За целта се прилага управляващо въздействие върху всмукателния вентилатор и пропускателните клапи. Управлението на продължителността на обработка чрез скоростта на преминаване на мливото през пекача - блокове 22 до 24.

Понеже влаготоплинната обработка на мливо в пекач е част от един непрекъснат процес, при промяна на скоростта на преминаване на мливото през пекача е необходимо управление и на скоростта на пресата. При неспазване на условието може пресата да не поеме материала и той да изтича отвън или да намалее дебита на постъпващия материал, което води до запичане на пресата и необходимост от почистване.

В блок 28 се проверява има ли заявка за прекъсване на процеса. При наличие на такава заявка се излиза от алгоритъма, при неналичие – стъпките от блок 2 се повтарят.

3.2.3 Разработване на алгоритъм за управление на температурата на загряващия флуид

На фигура 3.3 е показан алгоритъмът за управление на маслен котел.



Фиг. 3.3. Алгоритъм за управление на температурата на загряващия флуид

В блока за инициализация се задават началните стойности на величините, които в процеса на изпълнение на цикъла се променят.

В блокове 2, 3, 4, и 5 се измерват контролираните параметри чрез първични преобразуватели на температура и получените стойности се подават на аналоговите входове на микропроцесора.

В блок 6 се извършва обработка на получената информация по разработения модел и се изчислява количеството енергия, която е необходима за компенсиране на отклоненията на температурата на топлопренасящия флуид. Благодарение на точното спазване на зададените критерии се осигурява управление на процеса в определени граници.

На базата на получената от първичните преобразуватели информация и обработването и в микроконтролера се прилага управляващо въздействие на нагревателите на масления котел (блок7).

В блок 8 се следи за заявка за прекъсване с цел въвеждане на данни от оператор. При изпълнение на условието следва блок 9, където се извършва въвеждането на данни от оператора, след което цикълът продължава към блок 10.

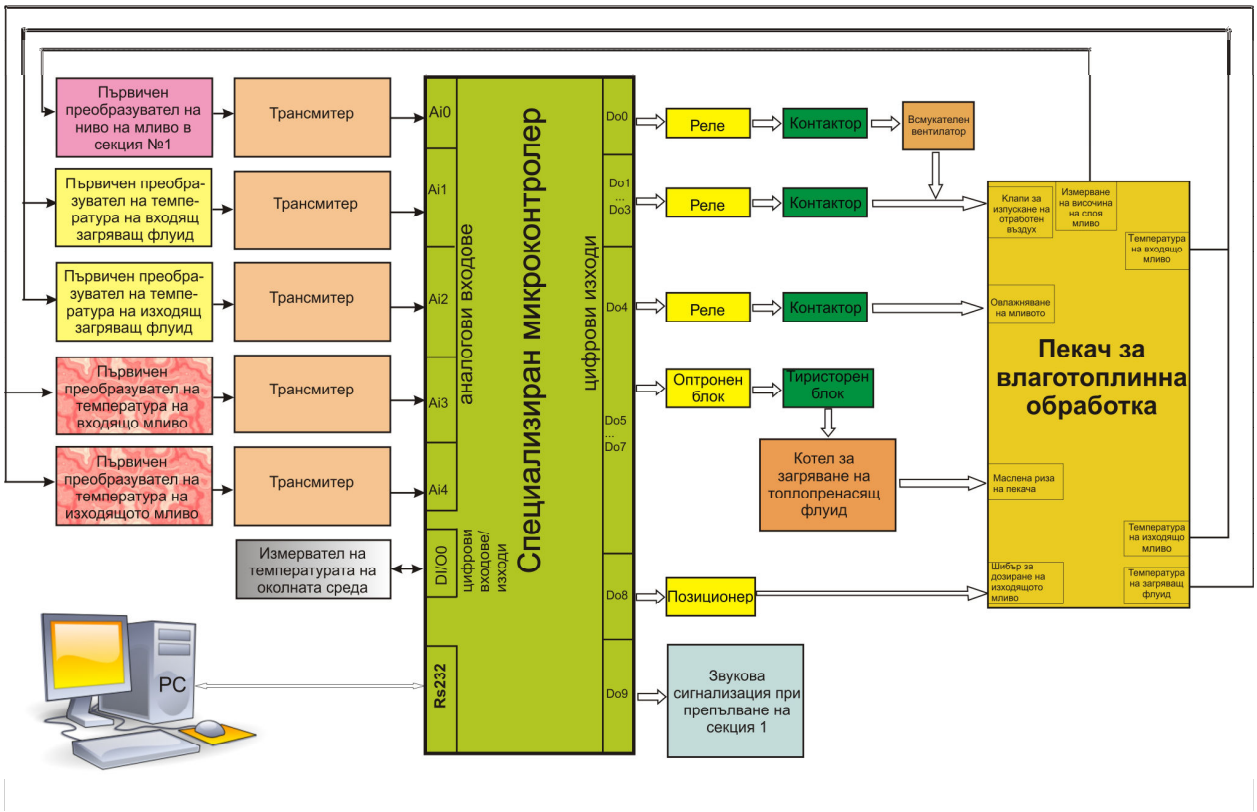
При наличие на прекъсване при повреда или за спиране на процеса (блок 10) се излиза от цикъла на алгоритъма, в противен случай цикълът се затваря и отново се изпълняват стъпките от блок 2.

3.4. Разработване на структура на електронната система за управление на процесите на влаготоплинна обработка на мливо в пекач, базирана на разработените алгоритъм и модели на процеса

Структурата на разработената електронна система е показана на фиг.3.3. При реализирането й са използвани съвременни първични преобразуватели и електронни устройства, в зависимост от контролираната величина.

Действие на електронната система

Стартирането на разработената система започва с въвеждане на началните условия - вид на маслоносния материал и технологичната обработка в зависимост от следващия етап на технологичния процес за извличане на масло. Началната влажност на постъпващото мливо и специфичната плътност се определят по зърнена проба. Изчисляването на специфичната плътност става чрез отчитане на масата за единица обем смлян маслоносен материал. На базата на изчисления обем на материала и специфичната плътност за конкретния вид суровина се определя и масата на мливото в тавата. В разработения софтуер е предложена възможност за симулиране на процеса при две основни технологични операции: влаготоплинно обработване на мливото с цел окончателно пресоване и форпресоване – обработване за предварително пресоване съчетано с последваща химическа екстракция на експелера.



Фиг. 3.4. Структура на електронна система за управление на влаготоплинните процеси в пекач

Персоналният компютър и специализираният микроконтролер комуникират помежду си по сериен интерфейс RS232, като методът на комуникация е на принцип „master-slave”. Персоналният компютър се конфигурира като главен и има уникални идентификатори, като всяка команда се изпраща до подчинения - съответно контролера. На персоналния компютър е инсталирана специализирана управляваща програма, реализираща обоснованите модели и алгоритми за управление на процесите в инсталация за извличане на растителни масла.

За осигуряване на качеството на крайния продукт се следи мливото да има посочените показатели в обоснованите критерии за оценка на качество. Поради непрекъснатото си движение в пекача, мливото преминава равномерно през секциите за точно определено време, зависещо от текущите стойности на температурата и влажността му, изчислени от модела.

Нагряването на материала се извършва индиректно, чрез получаване на енергия от загряващия флуид чрез корпуса на секцията. Топлоотдаващата повърхност на пекача се загрява от флуида, циркулиращ в двойното дъно. Посоката на движението на загряващия флуид е латерално на мливото под всяка тава във двойното й дъно. Обработваното мливо контактува със загрятата повърхност на дъното и чрез топлообмен получава енергия за нагряването си. Това налага включването на първични преобразуватели на температура на мливото в системата, с цел обхващане на контролните точки в зоните. Текущата информация за състоянието на температурата от първичните преобразуватели се усилва и се филтрира от трансмитерите и се подава към аналоговите входове на контролера. Измерената температура се сравнява с температурата, изчислена от симулацията чрез модела за конкретния интервал от време. Текущата информация за температурата на входящото в пекача мливо и вече обработеното на изхода му определят степента на изпичане и качеството на мливото на всеки етап от преминаването му през секциите на пекача.

Моментната стойност на температурата на околния въздух е входна величина за състоянието на околната среда и е определящ фактор, който оказва влияние при управлението на процеса на обработка.

Отработеният влажен въздух от секцията се отвежда от всмукателен вентилатор, като на изхода на всяка секция са монтирани пропускателни клапи. Регулирането им се осъществява чрез изпълнителни механизми, управлявани от електронен модул за период от време с продължителност $\Delta\tau$ според критериите за качество на мливото в предложения алгоритъм.

В разработената система за управление на инсталацията е включен ръчен контрол на влажността на мливото с цел оценяване качеството на обработеното мливо в изхода на пекача. Началната влажност на маслоносния материал се определя по зърнена проба преди постъпването му в пекача. На всеки етап от обработката, чрез предложения модел се изчислява текущата влажност.

При наличие на несъответствие с въведените критериални изисквания за влажността, електронната система въвежда управляващи въздействия към изпълнителните механизми, контролиращи дебита на изходящия от пекача обработен материал, чрез контролиране на позицията на капака (шибъра) на изхода на пекача; дебита на подавания загряващ флуид за контролиране на температурата на загряване; изпускането на влажния въздух от секциите на пекача; дебита на подаваното за обработка мливо.

Загряващ котел поддържа температурата на загряващия флуид в определените граници от 150°C до 160°C. Тя се измерва на входа и на изхода на пекача и се регулира от електронен модул в зависимост от текущата стойност на параметрите на обработваното мливо във всяка секция на пекача. Този метод е лесен за реализация без да се нарушава целостта на конфигурацията на пекача.

В секция №4 на пекача се намира шибър за освобождаване на влаготоплинно обработеното мливо за последваща операция. Позицията му се регулира на базата на получените резултати при симулиране на параметрите на процеса чрез разработения модел и сравнени с измерените стойности за текущия момент.

3.4 Изводи

1. Определени са основните параметри влияещи върху качеството на крайния продукт.
2. Предложени са критерии за оценка на качеството на влаготоплинна обработка на мливо, позволяващи чрез симулация да се анализира процеса.
3. Разработен е алгоритъм за работа на електронната система, позволяващ да се управлява влаготоплинния процес чрез електронна система, на базата на критериите за оценка.
4. Разработеният алгоритъм за управление на масления котел описва процеса на следене на основните контролирани температури и прилага управляващо въздействие на нагревателите на котела.
5. Разработена е структура на специализирана електронна система за управление на процеса.
6. Предложеният алгоритъм и разработената на базата на специализиран микроконтролер структура на електронна система, повишават ефективността на обработка на мливо, като запазват качествата на получения краен продукт и намаляват разхода на енергия.

ГЛАВА 4

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА ЕЛЕКТРОННАТА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ИНСТАЛАЦИЯ ЗА ВЛАГОТОПЛИННА ОБРАБОТКА НА МЛИВО ПРИ ИЗВЛИЧАНЕ НА РАСТИТЕЛНИ МАСЛА

Представянето на резултатите от изследването на влиянието на параметрите на маслоносния материал и на загряващия флуид върху динамиката на процеса на влаготоплинна обработка е основна база за управлението на технологичния процес на предварителна влаготоплинна обработка чрез разработената електронна система.

За проверка и практическо доказателство на направените в глава 2 и глава 3 теоретични изследвания, свързани с очаквано повишаване на ефективността на влаготоплинна обработка на мливо, са проведена серия от опити на базата на разработения симулационен модел и при производствени условия в цех за извличане на растителни масла на фирмата ”Боник-ЕООД”, гр. Русе.

4.1. Експериментално изследване на енергийните потоци при термична обработка

4.1.1. Изследване на изменението на температурата и влажността на мливото във времето

Определянето на регресионните модели на основните зависимости за разпределението на енергийния поток при влаготоплинно обработване на маслоносно мливо във времето се извършва чрез проведените експериментални изследвани в лабораторни условия.

Необходимостта от извеждане на математическите регресионни модели на основните зависимости: $t_{МЛ} = f(\tau)$ и $M_{МЛ} = f(\tau)$ при различни температури на нагряващия флуид при промяна на интервала от време за обработка, се обосновава от липсата на тези зависимости в анализираната литература и от факта, че те са необходими за разработване на модела за влаготоплинна обработка. Регресионните модели задават допустимите интервали на изменение и зоните за управление на влаготоплинните процеси в пекача.

Входните данни, осигуряващи работата на модела и системата, са: физични размери на частиците, специфична плътност на мливото, начална температура и влажност на материала.

Първоначално се задават стойностите на променливите, участващи в алгоритъма като изходни данни. Анализирането на факторите, влияещи върху процеса на обработка се извършва на базата на предложената методика. Изследваният материал е мливо от царевични зародиши с параметри: коефициент на топлопренасяне при слой материал $\lambda_{МЛ} = 0{,}13, W.m^{-1}.K^{-1}$; начална влажност $M_{МЛ_НАЧ} = 10\%$; крайна влажност $M_{МЛ} = 3{,}2\%$, температура на загряващия флуид $t_{ФЛУИД} = 150°C$. Чрез разработения симулационен модел се изследва влиянието на отделните параметри върху температурно-влажностните процеси, протичащи при обработката на мливо.

- изменение на температурата на мливото във времето - $t_{МЛ} = f(\tau)$

На базата на проведените изследвания в лабораторни и производствени условия, са изведени математическите модели на зависимостта на температурата на мливото във времето - $t_{МЛ} = f(\tau)$ при различни температури на загряващия флуид. Най-точно до реалния характер на изменението на температурата на мливото спрямо времето се доближават полиномите от трета степен от вида $y = a.x^3 + b.x^2 + c.x + d$.

Получените резултати са представени в табл. 4.1.

Изборът на моделите се основава на минималната получена стандартна грешка σ за оценка на точността на регресионния математически модел, коефициента на линейна корелация (коефициент на Пирсън - r) и коефициентът на детерминация (коефициент на Едоус - r^2).

Изведените регресионни математически модели за изменението на температурата на мливото във времето са дадени в табл.4.2.

Таблица 4.2.

Регресионни математически модели на зависимостта $t_{МЛ} = f(\tau)$

Начална влажност на мливото, %	Регресионен математически модел	r^2	r
1	**2**	**3**	**4**
8	$t_{МЛ} = 0{,}0171\tau^3 - 0{,}7451\tau^2 + 12{,}597\tau + 16{,}252$	0,9996	0,9998
9	$t_{МЛ} = 0{,}0168\tau^3 - 0{,}7063\tau^2 + 12{,}005\tau + 14{,}968$	0,9976	0,9988
10	$t_{МЛ} = 0{,}0226\tau^3 - 0{,}9702\tau^2 + 14{,}637\tau + 12{,}694$	0,9898	0,9949
11	$t_{МЛ} = 0{,}0082\tau^3 - 0{,}4703\tau^2 + 10{,}181\tau + 16{,}057$	0,9984	0,9992
12	$t_{МЛ} = 0{,}0129\tau^3 - 0{,}6263\tau^2 + 11{,}238\tau + 16{,}536$	0,9988	0,9994

- зависимост на влажността на мливото във времето - $M_{МЛ} = f(\tau)$

На базата на проведените изследвания в лабораторни и производствени условия са изведени математическите модели на зависимостта на влажността на мливото във времето - $M_{МЛ} = f(\tau)$ при различни температури на загряващия флуид. Изборът на моделите е основан на получена стандартна грешка $\varepsilon = 0{,}756$.

Изведените регресионни математически модели за изменението на температурата на маслоносния материал във времето са дадени в табл.4.3.

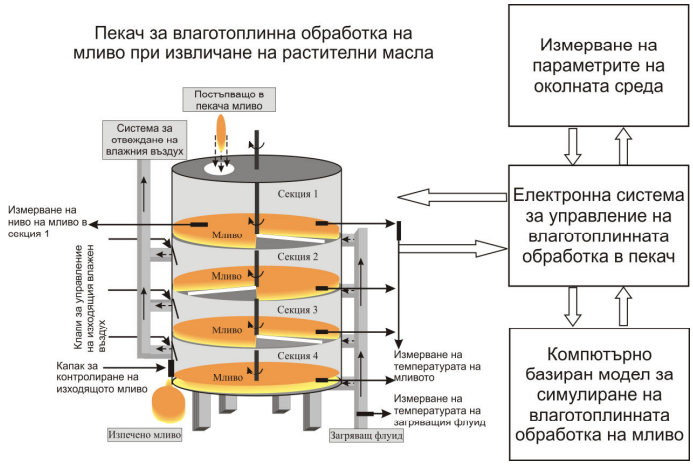
Изведените регресионни модели задават допустимите интервали на изменение на температура и влажност на обработваното мливо във времето и задават зоните за управление на влаготоплинните процеси в пекача. Тези модели, заедно с изведените в глава 3 критерии за оценка на качеството на мливото, са вложени в симулационните модели за изследваните и управление на процеса на обработка.

Таблица 4.3.

Регресионни математически модели на зависимостта $M_{МЛ} = f(\tau)$

Начална влажност на мливото, %	Регресионен математически модел	r^2	r
1	**2**	**3**	**4**
8	$M_{МЛ} = 0{,}0014\tau^3 - 0{,}0461\tau^2 + 0{,}0068\tau + 9{,}9996$	0,9981	0,9990
9	$M_{МЛ} = 0{,}0015\tau^3 - 0{,}0547\tau^2 + 0{,}1053\tau + 10{,}81$	0,9965	0,9982
10	$M_{МЛ} = 0{,}0009\tau^3 - 0{,}0375\tau^2 - 0{,}0513\tau + 11{,}833$	0,9962	0,9980
11	$M_{МЛ} = 0{,}0015\tau^3 - 0{,}0608\tau^2 + 0{,}1879\tau + 12{,}046$	0,9959	0,9979
12	$M_{МЛ} = 0{,}0006\tau^3 - 0{,}0218\tau^2 - 0{,}2736\tau + 13{,}602$	0,9971	0,9985

За осигуряване на качествена влаготоплинна обработка на мливото, е необходимо електронната система да управлява скоростта на преминаване на мливото за текущия момент от време, съобразено с предложените в глава 3 критерии за оценка на качеството на влаготоплинна обработка на мливото.



Фиг.4.1. Обект на симулационно изследване

На базата на предложените в глави 2 и 3 алгоритми за управление и критерии за управление на процесите в инсталация за влаготоплинна обработка на мливо, е разработен програмен продукт за персонален компютър, който симулира протичащите процеси при влаготоплинната обработка.

Симулационните резултати представят и оценяват влиянието на параметрите на процеса на обработване на мливото върху динамиката на температурно-влажностните процеси, протичащи при влаготоплинна обработка на маслоносен материал. Чрез тях се оценява и адекватността на предложения модел.

4.1.3. Симулационно изследване на температурно-влажностните промени в мливото чрез компютърна софтуерна програма SIM_MEAL

Процесът на симулация включва контрол на важни параметри, анализ на резултатите получени от обработката на данни чрез математически зависимости, които описват поведението на системата с физичните параметри на обработвания материал и условията на протичане на процеса.

На базата на предложения модел в глава 2, и обоснованите критерии за оценка на качеството на влаготоплинната обработка на мливото глава 3, е разработена програма SIM_MEAL за симулация на протичащите процеси при нагряване на маслоносния материал, която включва дефиниране на входни данни, обработка на параметрите на процеса и оценка на параметрите на получения краен продукт чрез резултатите получени от модела. Получените графични зависимости представят динамичните процеси, които протичат в мливото, във всяка стъпка от движението му през секциите на пекача.

От представената графична интерпретация на резултатите се наблюдава изменението на текущите стойности на температурата и влажността на обработваното мливо във времето. Получените симулационни резултати дават информация за динамиката на изменение на параметрите на мливото по секции и по зони в отделните секции. В зависимост от техническите размери на използвания пекач, се разграничават 3 отделни зони във всяка секция. Симулационният модел разделя обработваното мливо в секцията на отделни слоеве, които са с условна височина, равна на височината на разбъркващата перка в секцията.

❖ *Изследване на температурно-влажностните промени в мливото спрямо скоростта на движение на постъпващото (обработваното) мливо*

При прилагане на влаготоплинна обработка на мливото по неговата маса протичат процеси, като те са предимно в белтъчните му вещества. Водата се поглъща от хидрофилните части на мливото, като така набъбва неговата гелна част и се увеличава пластичността му. Степента на тези изменения е в зависимост от продължителността на въздействието на влагата и топлината.

Кинетиката на абсорбция на влагата се определя предимно от времето и температурата, при която протича процесът. Минималното време, необходимо за коагулиране (набъбване) на белтъците при обработване с директна пара е 30 min. С цел получаване на мливо със дефинираните в параметри се налага прилагане на индиректно загряване на обработвания материал. Това налага увеличаване на минималното време за престой на мливото в пекача до продължителност 40 ÷ 80 min. Този период трябва да бъде разделен по равно за всички секции на пекача в зависимост от конструкцията му.

Времето за престой във всяка секция от пекача зависи от скоростта му на движение през секциите. Регулирането и управлението на скоростта се осъществява чрез клапан в изхода на конструкцията, който се регулира чрез електронния модул разработен в глава 3.

Резултатите от изследването са обобщени и представени на фиг.4.5 и фиг.4.6.

4.1.3. Симулационно изследване на температурно-влажностните промени в мливото чрез програмен продукт SIM_MEAL

- *Изследване на температурно-влажностните процеси в мливото при различна температура на загряващия флуид*

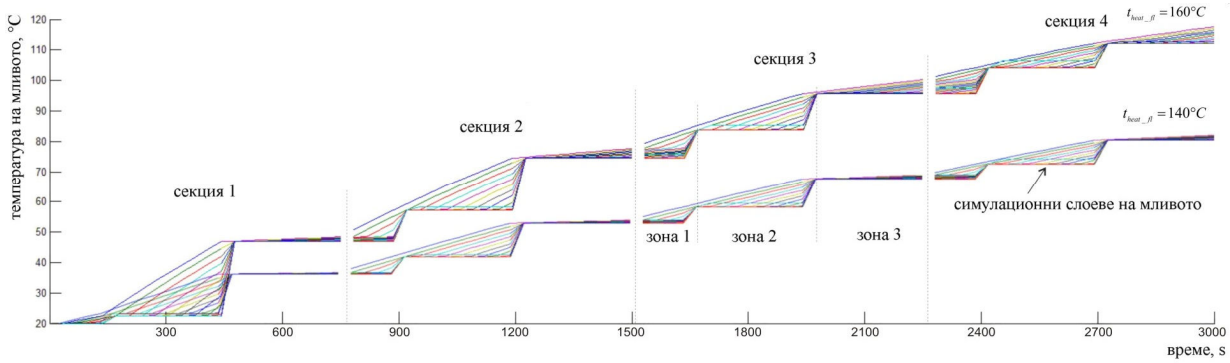
Температурата на загряващия флуид оказва влияние върху коефициента на топлообмен и съответно върху количеството топлина, което мливото приема от него. Това се отразява върху бързодействието на процеса на обмен на топлина с царевично мливо-флуид. Препоръчителните температури на загряващия флуид са в диапазона (150...160)°C. Те осигуряват висока производителност при последващата обработка на мливото при крайно влагосъдържание около 3%.

Изследването е проведено при три различни стойности на температурата на загряващия флуид - 140, 150 и 160°C. Времето за изследване е 3000 sec, и е определено на базата на въведените критерии за оценка на качеството на мливото в глава 3.

Температурата на загряващия флуид, постъпващ в пекача, е определяща за интензивността на процеса на нагряване и отделената влага. Увеличаването на температурата е свързано с повишаването на количеството топлина, подадена към стените на пекача, а от там и към мливото. Температурата на загряващия флуид се ограничава от изискването за минимална продължителност на обработка на мливото в пекача.

При температура на загряващия флуид 140°C температурата на най-натоварената в топлинно отношение секция е 80°C и се постига за 3000s. Очевидно е че температурата на обработващия флуид трябва да се повиши. При температура на флуида 160°C максималната температура на мливото получена в края на технологичния процес е (110...115)°C, т.е. обработвания материал не се прегрява и запазва качествените си характеристики. Получените графични

зависимости (фиг.4.4) показват, че обработваното царевично мливо достига допустимата граница от 110...115°C и не се прегрява.



Фиг.4.4. Графично представяне на температурата на мливото по зони и секции в пекача

Това е съществен показател за ефективността на предложения модел. От графиките се отчита, че слоевете на мливото се загряват постепенно, преминавайки през трите зони на всяка секция и през четирите секции на пекача. Заградената площ от графиките определя работния температурен диапазон при изменение на загряващия флуид.

- *Изследване на температурно-влажностните промени в мливото при различна скорост на преминаване*

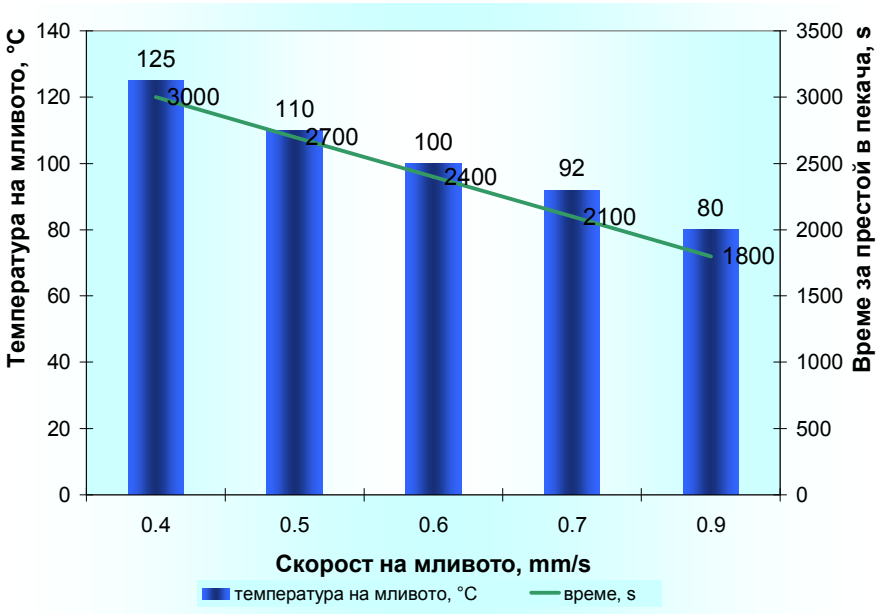
При влаготоплинната обработка на мливото в него протичат сложни физикохимични процеси, като те са предимно в белтъчните му вещества. Водата се поглъща от хидрофилните(гелни) части на мливото и предизвиква набъбването им, като се увеличава и пластичността. Степента на тези изменения е в зависимост от продължителността на въздействието на влагата и топлината. Скоростта на поглъщане на влагата от мливото зависи от количественото съотношение на ходрофилната и ходрофобната част в материала. Колкото по-голяма е маслеността на мливото, толкова по-бавно се поглъща влагата за набъбване на мливото. По този начин се изменя свързаността на маслото с гелната част (хидрофилната). Измененията в хидрофилната част на мливото се изразяват в топлинна денатурация на белтъчните вещества, които са основна част на немаслената част на мливото. В резултат на тези деформации се изтласква растителното масло от частиците предизвикано от силите на набъбване. Кинетиката на абсорбция на влагата се определя предимно от времето и температурата, при която протича процесът. Минималното време, необходимо за коагулиране на белтъците при обработване с директна пара е 30 min. С цел получаване на мливо с дефинираните параметри се прилага индиректно загряване на обработвания материал. Това налага увеличаване на минималното време за престой на мливото в пекача до продължителност (40...80)min. Този период трябва да бъде разделен по равно за всички секции на пекача в зависимост от конструкцията му.

Времето за престой на мливото във всяка секция от пекача зависи от скоростта му на движение през секциите. Регулирането и управлението на скоростта се осъществява чрез шибър в изхода на конструкцията, който се регулира чрез електронния модул, разработен в глава 3.

Симулационното изследване на влиянието на скоростта на мливото и съответно времето му за престой във всяка секция, включва изменение на скорости в диапазона S_{ml}=(0,4...0,9)mm.s^{-1}, което отговаря на престой на мливото в пекача между (40...80)min.

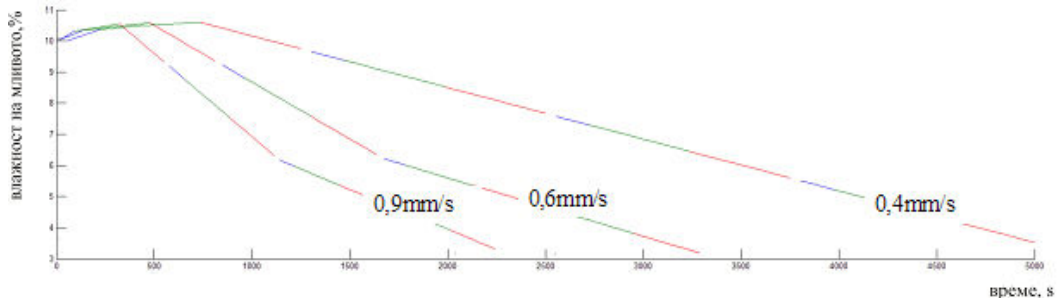
При симулационно изследване на температурно-влажностния режим на мливото при различни продължителности на обработка се наблюдава значителна разлика във времената на престой в пекача. При скорост на преминаване S_{ml} = 0,4 mm.s^{-1} продължителността на обработка е 83 минути, при което се наблюдава прегряване на материала и влошаване на качеството на получения краен продукт. От друга страна това води до повишаване на консумираната енергия за единица продукция. При скорост S_{ml} = 0,9mm.s^{-1} и съответна продължителност 36 min температурата на мливото не достига зададените температурни диапазони и съответно не настъпват всички промени във физико-химичната структура на частиците. По този начин се затруднява отделянето на маслото от експелера и получената продукция не е с желаното качество.

Резултатите от изследването са обобщени и представени на фиг.4.5 и фиг.4.6.



Фиг. 4.5. Изследване влиянието на скоростта на мливото върху неговата температура и време за престой в пекача

От фиг.4.5 се отчита взаимната връзка между трите параметъра – температура на мливото, скорост на преместване на мливото и време за престой във секцията. При по-висока скорост на мливото, времето за престой в пекача е по-малко и съответно максималната достигната температура за мливото намалява под необходимата. При по-ниска скорост на мливото, времето за престой в пекача се увеличава, което благоприятства за специфичните процеси, протичащи в мливото, но увеличава изходната температура над допустимата. На фиг.4.6 е представен диапазона за изменение на влажността на мливото спрямо изменението на скоростта.



Фиг. 4.6. Влияние на скоростта на преместване на мливото върху изменението на влажността

Обобщавайки резултатите може да се зададе препоръчителната скорост за движение на мливото между 0,5mm.s^{-1} и 0,6mm.s^{-1}, което гарантира температури в границите (105...115)°C за неговата температура.

- Изследване на температурно-влажностните промени в мливото при различна начална влажност

Мливото от царевични зародиши се обработва предварително и постъпва в пекача за влаготоплинна обработка при влажност (10...12)%. Това е свързано с факта, че по-високото влагосъдържание изисква по-големи разходи при сушене, а освен това се увеличава и времето за престой в пекача. Всичко това повишава енергоемкостта на процеса.

Изследването е проведено при различни стойности на началната влажност на мливото 12%, 11%, 10%, отговарящи на технологичните изисквания. При всички опити времето за изследване е 5000s. От графичните зависимости се отчита температурата на мливото във всяка секция и зона на преминаване на маслоносния материал в пекача и резултатите за граничните стойности на влажността са представени в табл.4.5.

Таблица 4.5.

Температура на мливото при промяна на началната влажност

Темпе-ратура, °C	Начална влажност $M_{МЛ_ВХ} = 10\%$				Начална влажност $M_{МЛ_ВХ} = 12\%$			
	Секция 1	Секция 2	Секция 3	Секция 4	Секция 1	Секция 2	Секция 3	Секция 4
Зона 1	22	53	78	97	22	43	75	95
Зона 2	43	70	89	108	40	53	89	103
Зона 3	45	72	92	**110**	42	70	90	**109**

Мливото с по-ниската влажност ($M_{мл}$=10%) осигурява по-високи температури на изхода. Например при равни други условия, мливо с начална влажност $M_{мл}$=10% в зона 3 е с температура в диапазона (45...110)ºC, а при мливо с начална влажност $M_{мл}$=12% температурата в зона 3 е в диапазона (42...119)ºC. За най-натоварената секция (секция №4) се спазва допустимия диапазон за нагряване за (105...115) ºC.

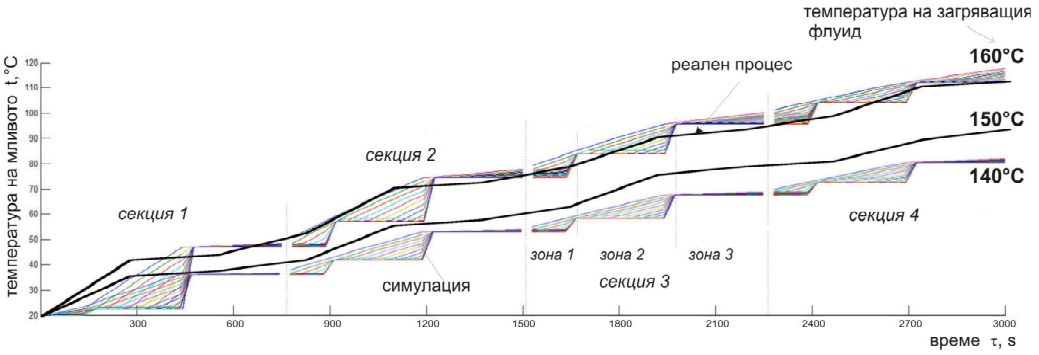
4.2 Изследване и оценка адекватността на разработения модел за управление на инсталация за извличане на растителни масла

Адекватността на предлаганите теоретични модели е установена чрез съпоставяне на статистическите характеристики на експериментално получените резултати с изчислените стойности на контролираните параметри.

За да се прецени адекватността на разработеният програмен продукт за влаготоплинна обработка е направена сравнителна оценка спрямо изследванията в реална среда. Входните данни за двете системи са идентични.

Разработената програмна среда за симулиране на влаготоплинната обработка **SIM_MEAL** определя границите на влияние на отделните параметри и задава препоръчителните стойности за управление при работа на електронната система.

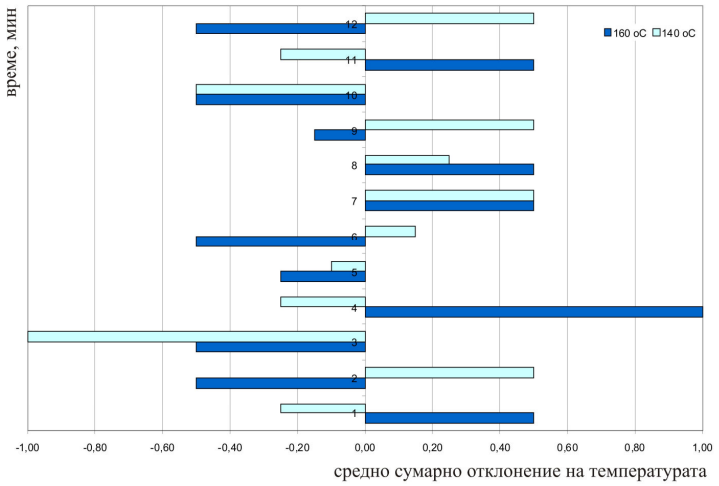
Проведеното изследване и сравнение на резултатите показва, че получените експериментални криви попадат в определените граници от симулационната програма при еднакви входни данни (фиг.4.8).



Фиг.4.8. Изследване зависимостта на изменение на температурата на мливото във времето при непрекъснат процес на работа

Показател за адекватността на разработените модели спрямо измерените реални стойности е средното сумарно отклонение на променливите, получени от модела и реалния процес. Необходимо условие е средното отклонение за измерванията да клони към нула и между двете променливи, от модела и реалния процес, да има положителна корелация.

За удобство на анализа в табл.4.6 са систематизирани средното отклонение на температурата и корелационният индекс между двете криви.



Фиг.4.9. Графично представяне на средното отклонение на температурата на мливото при модела и реалния процес при различни температури на загряващия флуид

4.3 Изследване работоспособността на разработената електронна система за управление

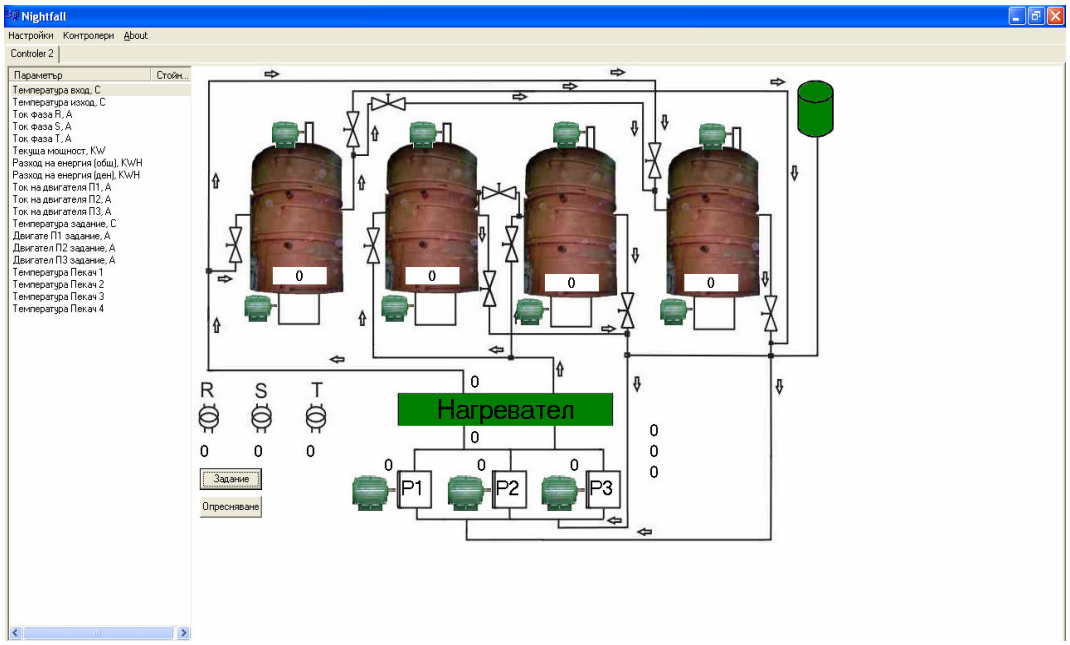
За изследване работоспособността на разработената електронна система за управление са проведени експерименти за установяване влиянието на специфичните фактори върху процеса, както и сравнение на получените опитни резултати с теоретично изчислените.

Фиг. 4. 10 Фрагмент от технологичната линия в цех за извличане на растителни масла във фирма „Боник-ЕООД", гр. Русе

Обектът на изследването е електронната система за управление на инсталация за влаготоплинната обработка на мливо. Осигуряването на предварително зададените условия на протичане на влаготоплинната обработка и следенето на контролните параметри се извършва от разработената електронна система.

При провеждане на експерименталните изследвания, през равни интервали от време, са измерени стойностите на температурата на изхода на всяка секция на пекача. На входа на всяка секция, през отворите предвидени за ремонтни дейности, са взети проби и е определена влажността на мливото в лаборатория по стандартни методи.

Резултатите от изследването са представени в табличен и графичен вид. Те се отнасят за моментните стойности на температурата и влажността в контролираните точки и средноквадратичното отклонение. Пресметнати са абсолютната и относителна грешки. Построени са графики, илюстриращи изменението на температурата и влажността във времето, както и относителната грешка на основните параметри в контролираните зони.



Фиг. 4.14 Начален прозорец на специализиран програмен продукт за управление на влаготоплинните процеси в инсталация за извличане на растителни масла във фирма „Боник-ЕООД”

Проверява се дали всички записи на $T_{МЛ}$ са в допустимите граници на изменение на температурата на изпеченото мливо, за изследвания период.

» ***Резултати от симулиране на модела и получаване на експериментални данни в изхода на секция 1 на пекача***

В табл. 4.7 са представени стойностите на изчислените от модела и експериментално измерените стойности на температурата на мливото във всяка секция. Пресметнато е средноквадратичното отклонение на температурата на мливото в контролните точки по следния израз:

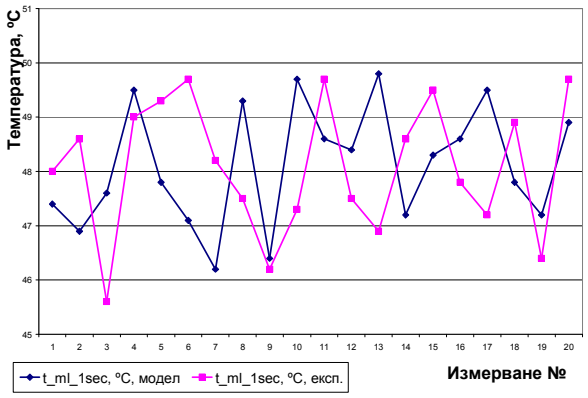
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n}} \qquad (4.1)$$

При симулиране на процеса, получените стойности са близки до измерените от системата.

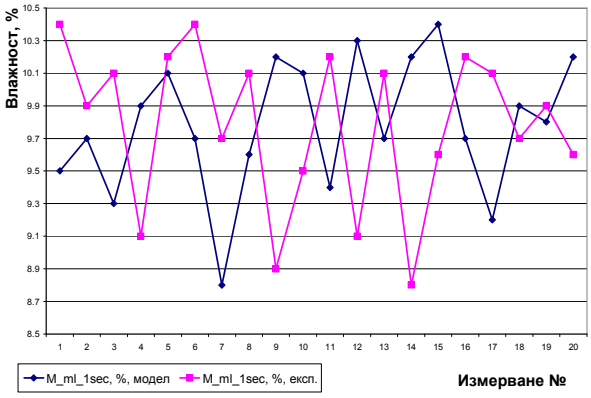
<u>Изследване на промяната на температурата на мливото</u>

Проведени са изследвания за изменението на температурата на влаготоплинно обработеното мливо. Симулациите са проведени с разработения софтуер на базата на синтезираните алгоритми и модел на процеса, а експерименталните изследвания са реализирани в цеха за извличане на растителни масла. Средното квадратично отклонение (по 4.1) на стойността на температурата на мливото на изхода на първа секция на пекача е $\sigma = 1{,}61°C$. При измерените стойности на температурата средната стойност на абсолютната грешка е $\varepsilon_{абс} = 1{,}43\ °C$, а на относителната $\varepsilon_{отн} = 0{,}74\%$.

Аналогично са проведени симулационни и експериментални изследвания на температурата на мливото във всички секции.



Фиг. 4.15 Изменение на температурата на мливото в секция 1 на пекача



Фиг. 4.16 Изменение на влажността на мливото в секция 1 на пекача

На фиг. 4.15 е представено изменението на температурата на мливото на изхода на секция 1. Температурният диапазон на мливото е в зададените критериални граници. Представените резултати са получените при симулиране на модела и измерените при провеждане на експериментални изследвания. При симулиране на модела изменението на температурата е в диапазона $t_{мл_секция_1} = (46{,}2...49{,}8)°C$, а на измерените в инсталацията - $t_{мл_секция_1} = (45{,}6...49{,}7)°C$. Следователно са спазени технологичните изисквания за допустимите граници на изменение на температурата в секция 1 на пекача.

<u>Изследване на промяната на влажността на мливото</u>

Проведени са изследвания за изменението на влажността на влаготоплинно обработеното мливо. Симулациите са проведени с разработения програмен продукт на базата на синтезираните алгоритми и модел на процеса, а експерименталните изследвания – отново в експлоатационни условия. На фиг.4.16 е представено изменението на влажността на мливото на изхода на секция 1. Диапазона на изменение на влажността на мливото е в зададените в критериални граници. Показани са резултати при симулиране на модела и измерените стойности на влажността при провеждане на експериментални изследвания. При симулиране на модела изменението на влажността е в диапазона $M_{мл_секция_1} = (10{,}4...8{,}8)\%$, а на измерените в инсталацията - $M_{мл_секция_1} = (10{,}5...8{,}8)\%$, което е в допустимите граници на изменение за секция 1 на пекача. Средното квадратично отклонение (по 4.1) на стойността на влажността на мливото на изхода на първа секция на пекача е $\sigma = 0{,}77\%$. При измерените стойности на влажността на средната стойност на абсолютната грешка е $\varepsilon_{абс} = 0{,}69\%$, а на относителната - $\varepsilon_{отн}$=1,76%.

» ***Резултати, получени при симулиране на модела и снемане на експериментални данни в изхода на секция 2 на пекача***

<u>Изследване на промяната на температурата на мливото</u>

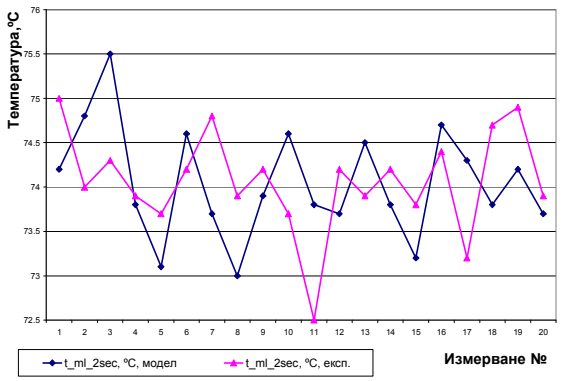
Проведени са изследвания за изменението на температурата на влаготоплинно обработеното мливо. Симулационните са проведени с разработения софтуер на базата на синтезираните алгоритми и модел на процеса, а експерименталните изследвания са проведени в цех за извличане на растителни масла. Резултатите за температурата на мливото, получени в изхода на секция 2 са систематизирани и показани в табл. 4.9.

В табл. 4.9 се вижда, че диапазона на изменение на температурата на мливото е в зададените от критериите граници. Представените резултати са получените при симулиране на модела и измерените при провеждане на експериментални изследвания. При симулиране на модела изменението на температурата е в диапазона $t_{МЛ_СЕКЦИЯ_1} = (73...75{,}5)°C$, а на измерените в инсталацията са $t_{МЛ_СЕКЦИЯ_1} = (72{,}5...75)°C$, което е в допустимите граници на изменение за секция 2 на пекача.

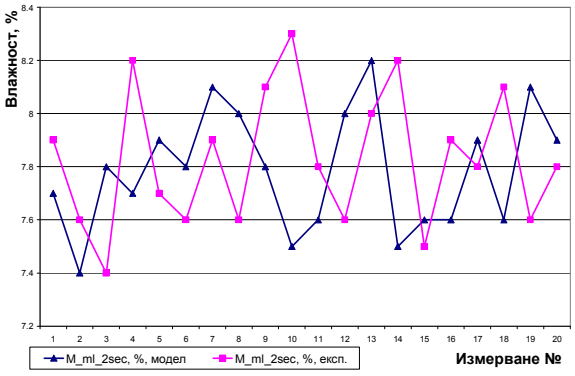
Средното квадратично отклонение (по 4.1) на стойността на влажността на мливото на изхода на първа секция на пекача е $\sigma = 0{,}76$. При измерените стойности на температурата средната стойност на абсолютната грешка е $\varepsilon_{абс} = 0{,}69°C$, а на относителната $\varepsilon_{отн}$=0,93%.

На фиг. 4.17 е представено изменението на температурата на мливото на изхода на секция 2. Представените резултати са получените при симулиране на модела и измерените при провеждане на експериментални изследвания в цех за извличане на растителни масла.

От графично представените данни се наблюдава изменение на температурата на мливото на изхода на секция 2 в диапазона - 72,5...75ºC, което е в зададения от критериите за управление.



Фиг. 4.17 Изменение на температурите на мливото в секция 2 на пекача



Фиг. 4.18 Изменение на влажността на мливото в секция 2 на пекача

<u>Изследване на промяната на влажността на мливото</u>

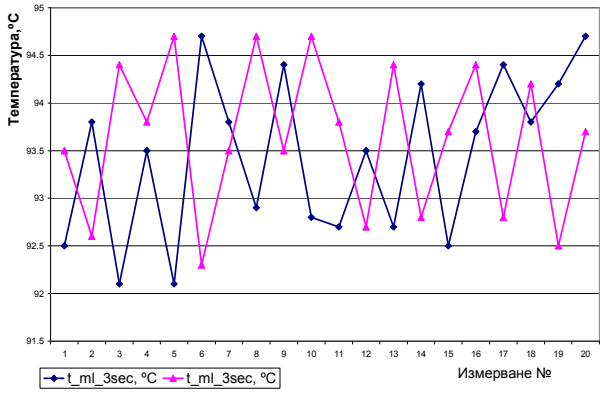
Проведени са изследвания за изменението на влажността на влаготоплинно обработеното мливо (табл. 4.10). На фиг. 4.18 е представено изменението на

влажността на мливото на изхода на секция 2. Изменението на влажността на мливото попада в дефинирания в критериите диапазон. Представените резултати са получените при симулиране на модела и измерените при провеждане на експериментални изследвания. При симулиране на модела изменението на влажността е в диапазона $M_{МЛ_СЕКЦИЯ_1} = (8,2...7,4)\%$, а на измерените в инсталацията са $M_{МЛ_СЕКЦИЯ_1} = (8,3...7,4)\%$, което е в допустимите граници на изменение за секция 2 на пекача. Средното квадратично отклонение на стойността на температурата на мливото на изхода на първа секция на пекача е $\sigma = 0,38°C$. При отчетените стойности на влажността от модела и пекача, средната стойност на абсолютната грешка е $\varepsilon_{абс} = 0,33\%$ а на относителната $\varepsilon_{отн} = 1,04\%$.

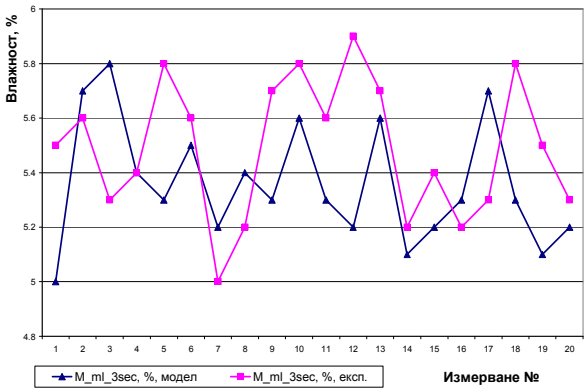
» ***Резултати, получени при симулиране на модела и снемане на експериментални данни в изхода на секция 3 на пекача***

<u>Изследване на промяната на температурата на мливото</u>

Проведени са изследвания за изменението на температурата на влаготоплинно обработеното мливо в изхода на секция 3 на пекача. В табл. 4.9 се вижда че, диапазонът на изменение на температурата на мливото е в зададените от критериите граници. Представените резултати са получените при симулиране на модела и измерените при провеждане на експерименталните изследвания.



Фиг. 4.19 Изменение на температурата на мливото в секция 3 на пекача



Фиг. 4.20 Изменение на влажността на мливото в секция 3 на пекача

От графично представените данни се наблюдава изменение на температурата на мливото на изхода на секция 3 със следните стойности: при симулиране на модела изменението на температурата е в диапазона $t_{МЛ_СЕКЦИЯ_1} = (92,1...94,7)°C$, а на измерените в инсталацията са $t_{МЛ_СЕКЦИЯ_1} = (92,3...94,7)°C$, което е в допустимите граници на изменение за секция 2 на пекача. Средното квадратично отклонение на стойността на влажността на мливото на изхода на първа секция на пекача е $\sigma = 1,47°C$. При измерените стойности на температурата средната стойност на абсолютната грешка е $\varepsilon_{абс} = 1,27°C$, а на относителната $\varepsilon_{отн}$=0,34%.

<u>Изследване на промяната на влажността на мливото</u>

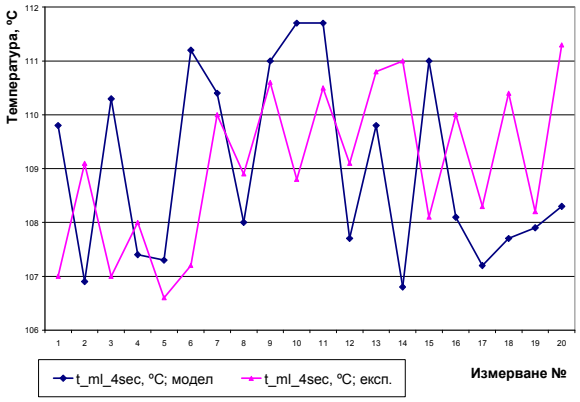
На фиг. 4.20 графично е представено изменението на влажността на мливото на изхода на секция 3. Диапазона на изменение на влажността на мливото е в зададените от критериите граници. Представените резултати са получените при симулиране на модела и измерените при провеждане на експерименталните изследвания. При симулиране на модела изменението на температурата е в диапазона $M_{мл_секция_1} = (5{,}8...5)\%$, а на измерените в инсталацията са $M_{мл_секция_1} = (5{,}9...5)\%$, което е в допустимите граници на изменение за секция 3 на пекача. Средното квадратично отклонение (по 4.1) на стойността на температурата на мливото на изхода на първа секция на пекача е $\sigma = 0{,}34$. При измерените стойности на температурата средната стойност на абсолютната грешка е $\varepsilon_{абс} = 0{,}28\%$, а на относителната $\varepsilon_{отн} = 1{,}29\%$.

» Резултати получени при симулиране на модела и снемане на експериментални данни в изхода на секция 4 на пекача

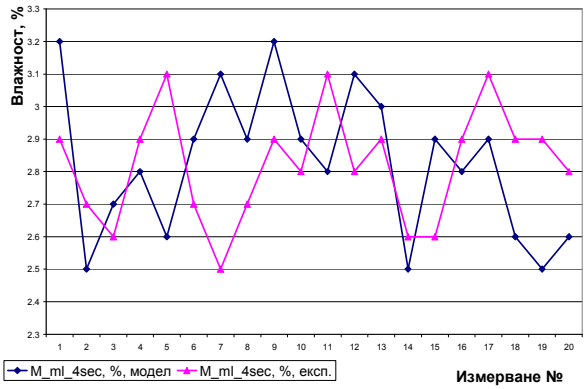
<u>Изследване на промяната на температурата на мливото</u>

Проведени са изследвания за изменението на температурата на влаготоплинно обработеното мливо на изхода на пекача (секция 4). Резултатите за температурата на мливото, получени в изхода на пекача са систематизирани и показани в табл. 4.13. Средното квадратично отклонение по (4.1) на стойността на температурата на мливото на изхода на първа секция на пекача е $\sigma = 2{,}25°C$.

При измерените стойности на температурата средната стойност на абсолютната грешка е $\varepsilon_{абс} = 1{,}9°C$, а на относителната $\varepsilon = 0{,}43\%$.



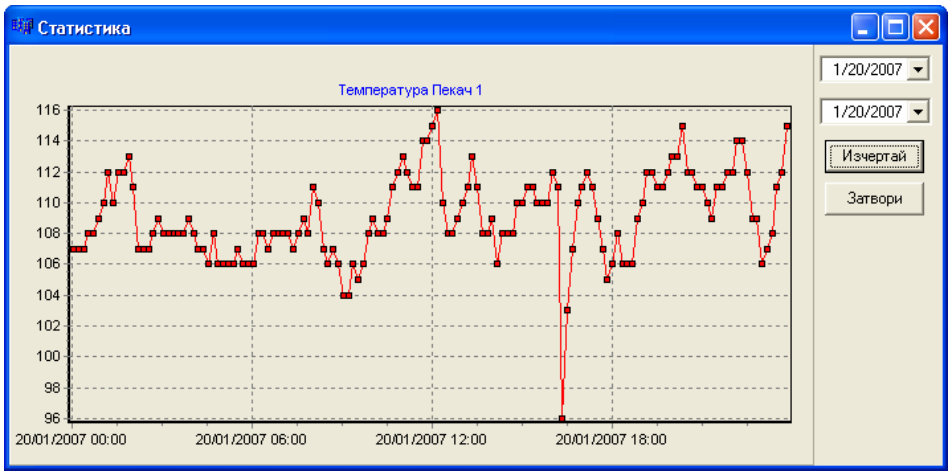
Фиг. 4.21 Изменение на температурата на мливото в секция 4 на изхода на пекача



Фиг. 4.23 Изменение на влажността на обработеното мливо в секция 4 на пекача

От представените на фиг.4.21 резултати се вижда, че стойността на температурата на влаготоплинно обработеното мливо от царевични зародиши варира в допустимите граници от 105...115°C. Не се наблюдава прегряване на материала, като е спазено и условието за минимална температура.

При извеждане на получените данни е използван специализиран софтуер. Изходният диалогов прозорец с получените резултати за изменението на температурата на обработеното мливо при непрекъснат процес е показан на фиг.4.22.



Фиг.4.22. Изследване изменението на температурата на обработеното мливо във времето при непрекъснат процес на работа $t_{МЛ} = f(\tau)$

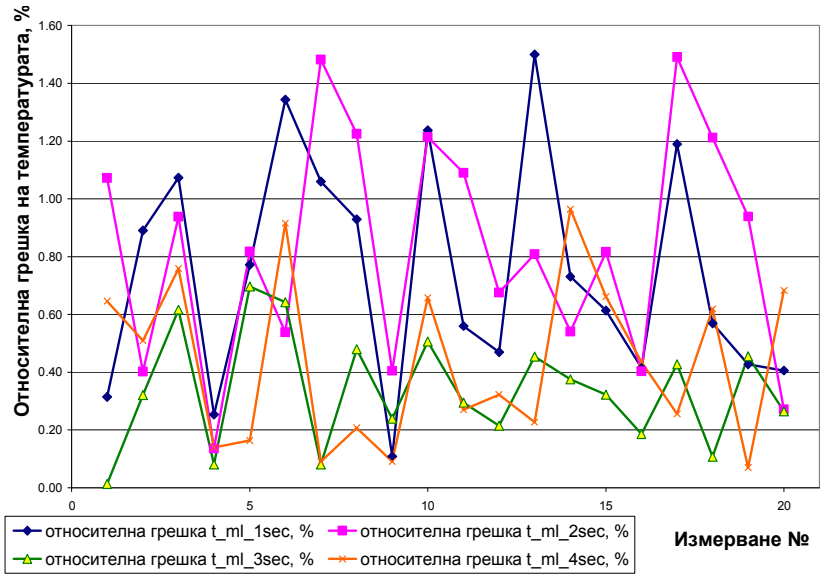
<u>Изследване на промяната на влажността на мливото</u>

Проведени са изследвания за изменението на влажността на влаготоплинно обработеното мливо. Резултатите за влажност на мливото, получени в изхода на пекача, в случая на изхода на секция 4, са систематизирани и показани в табл.4.14. Диапазона на изменение на влажността на мливото е в зададените от критериите граници. Представените резултати са получените при симулиране на модела и измерените при провеждането на експериментални изследвания.

На фиг. 4.16 графично е представено изменението на влажността на мливото на изхода на секция 4. При симулиране на модела изменението на температурата е в диапазона $М_{МЛ_СЕКЦИЯ_1} = (3{,}2...2{,}5)\%$, а на измерените в инсталацията са $М_{МЛ_СЕКЦИЯ_1} = (3{,}1...2{,}5)\%$, което е в допустимите граници на изменение за секция 1 на пекача. Средното квадратично отклонение (по 4.1) на стойността на температурата на мливото на изхода на първа секция на пекача е $\sigma = 0{,}3$. При измерените стойности на температурата средната стойност на абсолютната грешка е $\varepsilon_{абс} = 0{,}26°C$, а на относителната $\varepsilon_{отн} = 2{,}29\%$.

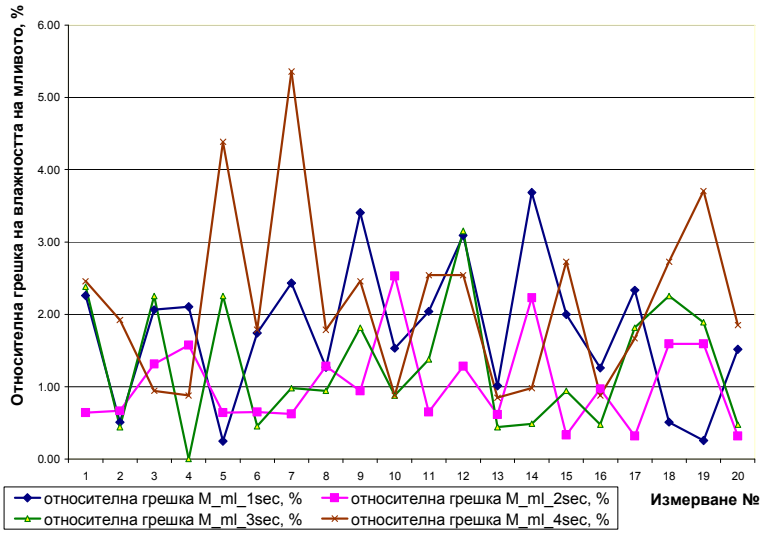
Количеството на извлеченото царевично масло се увеличава с намаляване на влажността и увеличаването на времето на обработка и повишаване на температурата. Резултатите, получени от експерименталните изследвания показват, че подходящо са избрани границите на изменение на параметрите влияещи върху получаването на мливо с настъпили подходящи физикохимични изменения.

Постъпващото за пресоване мливо е с достатъчно пластична и еластична структура. Тези свойства на изпеченото мливо са постигнати чрез точната степен на смилане на маслодайните суровини и с прилагане на най-подходящия режим на влаготоплинна обработка, която осигурява изискваните температура и влажност на изпеченото мливо. От графично представените данни се наблюдава точното спазване на изменението на температурата на влаготоплинно обработеното мливо в зададените диапазони.



Фиг. 4.25 Изменение на относителната грешка на температурите на влаготоплинно обработеното мливо на изхода всяка секция на пекача

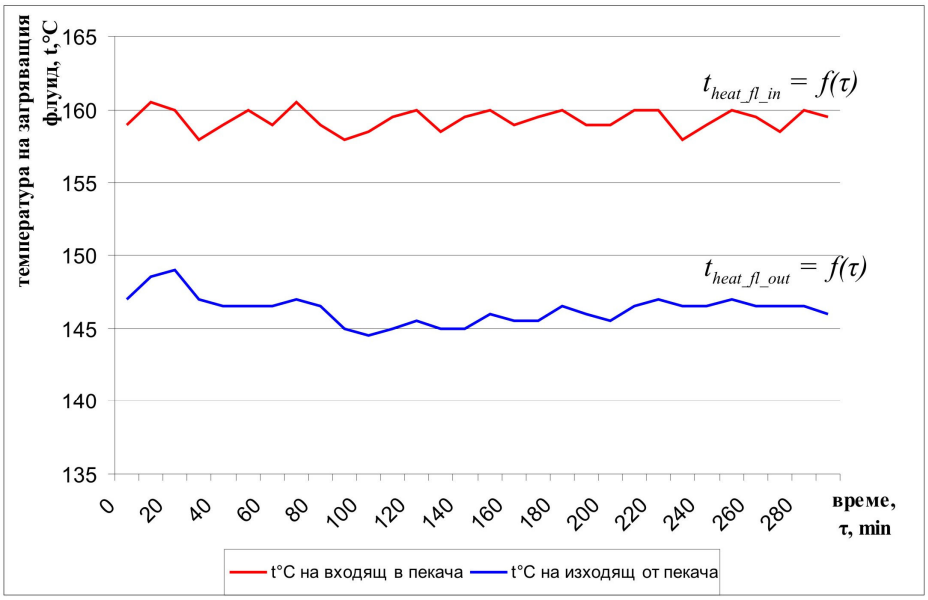
На фиг. 4.25 е представена обобщена графика на изменението на относителната грешка на стойностите на температурата в изходите на всяка секция на пекача. От представената графична зависимост се вижда значително колебание на стойността на относителната грешка в първите две секции на пекача, но в трета и четвърта секция се наблюдава намаляване на стойността и, както и ограничаване в по-малък диапазон. Достигната максимална стойност на грешката за целия цикъл на процеса влаготоплинна обработка е приблизително 1,5%.



Фиг. 4.25 Изменение на относителната грешка на влажностите на влаготоплинно обработеното мливо на изхода всяка секция на пекача

- Експериментално изследване на температурно-влажностните промени в мливото при различна температура на загряващия флуид

Температурата на загряващия флуид е един от основните фактори оказващ влияние върху процеса на обработка на маслоносен материал в пекач. Диапазоните на вариране на температурата на загряващия флуид във времето $t_{ФЛУИД} = f(\tau)$ заемат интервала (140...160)°C.



Фиг.4.26. Изследване изменението на температурата на загряващия флуид във времето при непрекъснат процес на работа $t_{ФЛУИД} = f(\tau)$

Така се осигурява загряване на обработваното мливо до необходимите температурни диапазони, определени в критериите в глава 3 и осигуряващи максимално отделяне на растително масло без прегряване на материала.

Визуализацията на получените резултати показва отчетливо незначителните колебания на температурата на загряващия флуид около зададената стойност (фиг. 4.26).

Изменението на температурата на загряващия флуид при постъпване в пекача и на изхода му след отдаване на енергията за загряване на мливото е в допустимите 13°C или 8,3% относителна разлика, спазваща регламентираната ефективност на загряващия флуид.

От динамиката на температурата на загряващия флуид се вижда, че електронната система поддържа зададените граници на изменение за получаване на качествен изходен продукт.

ОБЩИ ИЗВОДИ

1. Проучването на досегашните постижения на съществуващите инсталации за производство на растителни масла, в условията на Република България показва, че в инсталациите в страната се използва предимно субективен фактор за следене на основните параметри, влияещи върху качеството и количеството на получения краен продукт. Ефективността им може да бъде повишена с точно управление на инсталациите с електронна система.

2. Обосновани са основните зависимости при моделирането на влаготоплинната обработка на мливо в пекач и в отделните секции на пекача, и е разработен модел, описващ процеса.

3. Обосновани са критерии за управление на инсталация за влаготоплинна обработка на мливо при извличане на растителни масла.

4. Разработени са алгоритми за работа и структура на електронна система за осигуряване на качествено управление на влаготоплинното обработване на мливото, на базата на създадения модел.

5. Разработена е методика за оценка на енергийните потоци между елементите на конструкцията, загряващият агент, околната среда и мливото, и са изведени данни за изменението на температурата и влажността на мливото.

6. Разработените модели и алгоритми в дисертационния труд осигуряват технологичен процес за получаване на качествена влаготоплинна обработка в инсталация за извличане на растителни масла при понижен разход на енергия.

7. Предложените методи и разработените компютърни програми могат да бъдат в основата на създаването на следващи системи за управление на влаготоплинния процес в подобни инсталации.

8. Разработена е и внедрена електронна система за влаготоплинна обработка на мливо в инсталация за производство на растителни масла.

ПРИНОСИ

1. Разработен е модел за прогнозиране на изменението на температурата и влажността на мливото при обработката му, на базата на алгоритми, физични и емпирични зависимости.

2. Експериментално са получени зависимостите, показващи съотношението на енергийните потоци за нагряване и изсушаване на материала.

3. Обосновани са критерии за управление на инсталация за влаготоплинна обработка на мливо при извличане на растителни масла.

4. Разработени са алгоритми и структура на електронната системата за осигуряване управлението на процесите на влаготоплинна обработка на мливо в инсталация при извличане на растителни масла, въз основа на предложения модел.

5. Разработени са методики за изследване на адекватността на синтезираните модели и на разработената електронна системата за управление.

6. Разработен е специализиран програмен продукт „SIM_MEAL” за симулационно изследване на процесите в пекач.

Research and development of an electronic system for thermal-moisture processes control in an installation for vegetable oil extraction

The study of existing installations for vegetable oils production in Bulgaria shows mostly using of subjective factor for control and monitoring of the main parameters, influencing to the quality and quantity of the final product. Their effectiveness can be enhanced applying of precise control to the installations via an electronic system.

The aim of the dissertation is research the development of electronic system which improves the control of thermal moisture pre-treatment processes of oilseeds in vegetable oil extraction technology, ensuring the required quality at low energy consumption.

A model predicting the thermal-moisture changes in the meal, based on algorithms, physical and empirical relations is developed. The developed model describes thermal-moisture processes, taking into account the energy balance and design characteristics of the toaster.

The empirical models of the dynamic of change of temperature and moisture in time are experimentally obtained.

Evaluation criteria for control of process are suggested. They are providing high quality and quantity of vegetable oils if are observed.

A structure of an electronic system, based on the developed model, for control of processes in thermal-moisture treatment of oilseeds for vegetable oil extraction by reduced energy consumption is developed.

An algorithm describing the operation of the developed electronic system on the basis of evaluation criteria is proposed.

Specialized software "SIM_MEAL" for simulation study of the processes in a toaster is developed. Processes, describing the dynamics of change of meal temperature and moisture in a toaster, are simulated. The dynamics of parameters change for each meal layer in the toaster under different input influences is presented.

The proposed algorithm and the developed electronic system based on processes control by specialized microcontroller increase the effectiveness of the system and reduce the energy consumption as maintaining the high quality of the final product.