ІНСТИТУТ МЕХАНІЗАЦІЇ ТВАРИННИЦТВА НААНУ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор ІМТ НААНУ
д.т.н., проф.
_____І.А. Шевченко
"____"_____ 2010 р.

ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ПЕРЕВІРКИ АДЕКВАТНОСТІ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕСІВ ВОЛОГО-ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ Й ВІДЖИМАННЯ НАСІННЯ РИЦИНИ ТА ПРОЦЕСУ ФІЛЬТРАЦІЇ КАСТОРОВОЇ ОЛІЇ КРІЗЬ ШАР МЕЗГИ У ПРЕСІ

05.1-2/02.01.03, 05.1-2/02.01.05, ПМ, № ДР 0108U005350

РОЗГЛЯНУТО І СХВАЛЕНО
на засіданні методичної комісії
ІМТ НААНУ "___"_____2010 р.,
протокол №_____
Вчений секретар, секретар
методичної комісії, к.б.н., с.н.с.
_____В.М. Павліченко

Керівник НДР:
провідний науковий співробітник
лабораторії кормозабезпечення, д. т. н., проф. В.А. Дідур

Запоріжжя
2010

Список виконавців

Керівник НДР, д.т.н., проф.	Дідур В.А.
Відповідальний виконавець к.т.н., с.н.с.	Ткаченко В.А.
Зав. лаб. к.т.н., с.н.с.	Безпалов Р.І.
Зав. сектором, к.б.н., с.н.с.	Троїцька О.О.
Молодший науковий співробітник	Панов С.Ж.
Провідний інженер	Луц С.М.

ЗМІСТ

стор.
Загальні положення…….4
Вступ…….5
1. МЕТА досліджень…….6
2. Програма і методика досліджень…….6
2.1 Місце та умови проведення досліджень…….…...…...6
2.2 Приготування досліджуваної сировини……..……..……6
2.3 Методика експериментальної перевірки адекватності математичної моделі процесу волого-теплової обробки м’ятки рицини…….……7
2.4 Методика експериментальної перевірки адекватності математичної моделі процесу віджимання насіння рицини……..……13
2.5 Методика експериментальної перевірки математичної моделі процесу фільтрації рицинової олії крізь шар мезги……..……..…….18
3. Статистична обробка експериментальних даних……..……...20
ДОДАТОК А……..23
ДОДАТОК Б…….…..24

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Програма і методика розробляється згідно тематичного плану лабораторії кормозабезпечення на 2010 р. за етапом 05.1-2/02.01.03 Провести перевірку адекватності теоретичних положень та уточнення математичних моделей процесів волого-теплової обробки й віджимання насіння рицини за результатами експериментальних досліджень і 05.1-2/02.01.05 Провести експериментальну перевірку адекватності математичної моделі процесів пресування мезги та фільтрації касторової олії крізь шар мезги.

Розробка програми і методики призначена для перевірки основних положень математичних моделей процесів волого-теплової обробки і віджимання насіння рицини та процесу фільтрації касторової олії крізь шар мезги у пресі та визначення основних фізико-механічних та реологічних властивостей переробляємої на касторову олію і кормову макуху сировини.

На підставі отриманих результатів планується провести дослідження математичних моделей зазначених процесів з метою визначення оптимальних технологічних режимів та конструктивних параметрів устаткування для віджимання касторової олії із насіння рицини.

Галузь застосування – сільське господарство, зокрема, виробництво енергетичної біосировини та кормів для тваринництва і птахівництва.

Впровадження технології та устаткування для переробки рицини доцільно в південних регіонах України, кліматичні умови яких найбільш сприятливі для виробництва насіння рицини.

За результатами досліджень, які заплановані у програмі та методиці буде складатися звіт за встановленою формою.

ВСТУП

У теперішній час в Україні створено ряд олійниць, які переробляють переважно насіння соняшника. Однією з перспективних олійних культур є рицина, насіння якої містить більше 50% олії і 18% білка. Унікальна за своїм складом рицинова олія, в якій рицинолевої кислоти міститься біля 90% від усіх жирних кислот, є важливою промисловою сировиною. Макуху, що залишилася після виділення з насіння олії, не можна використовувати без обробки на корм худобі тому, що вона містить ряд токсичних елементів. Як показав вітчизняний і зарубіжний досвід, після детоксикації шкідливих речовин макухи рицини її можна успішно використовувати для згодовування великій рогатій худобі, свиням і птиці.

Основними недоліками устаткування і технології на традиційних підприємствах по переробці насіння олійних культур є використання вогневих жаровень. Контактна температура з біомасою, яка переробляється на вогняних жаровнях, становить 700 – 750°С. Впродовж періоду нагрівання початкова температура в окремих шарах м’ятки не перевищує 50°С, що сприяє активації ферментативних процесів. Сумісний вплив вологості, високих температур і підвищеної активності ферментної системи викликають прискорення окислювальних процесів, результатом яких є утворення вторинних продуктів окислення в олії й макусі. У цих умовах відбувається розкладання таких незамінних амінокислот: лізину, аргініну, гістидину, фенилаланину і триптофану. Отримана макуха має велику лузжистість, що також знижує її поживну цінність. Тому, удосконалення технології підготовчих процесів, волого-теплової обробки, віджимання насіння рицини й фільтрації олії для підприємств, які переробляють насіння рицини на олію та макуху, необхідно проводити в наступних напрямках:

- інактивація ферментної системи перед волого-тепловою обробкою;
- двоступінчасте віджимання на форпресі та експелерному пресі з волого-тепловою обробкою в багаточанних парових жаровнях без подальшої екстракції;
- зниження відстою за масою при одержанні олії пресуванням шляхом підбору відповідних режимів смаження та пресування;
- первинне очищення олії з гарячою фільтрацією.

Отже, проведення досліджень по перевірці адекватності теоретичних положень та уточнення математичних моделей процесів волого-теплової обробки й віджимання насіння рицини та перевірці адекватності математичної моделі процесів пресування мезги та фільтрації касторової олії крізь шар мезги – це актуальний напрямок роботи, який дозволить покращити якість кінцевої продукції і оптимізувати технологічний процес й технічне устаткування перероблення насіння рицини на олію та кормову макуху.

1 МЕТА ДОСЛІДЖЕНЬ

Мета досліджень – перевірити адекватність математичних моделей процесів волого-теплової обробки і віджимання насіння рицини та процесу фільтрації касторової олії крізь шар мезги та обґрунтувати раціональні режими і конструктивні параметри устаткування для віджимання рицинової олії.

2 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

До програми досліджень входять наступні етапи:

- перевірка адекватності математичної моделі процесу волого-теплової обробки мезги рицини і віджиманням олії та визначення раціональних режимів цих процесів;
- перевірка адекватності математичної моделі процесу віджимання олії та визначення раціональних параметрів цього процесу при форпресуванні;
- перевірка адекватності математичної моделі фільтрації рицинової олії та визначення раціональних режимів утворення структурно-механічних властивостей м’ятки при пресуванні.

Дослідження планується проводити за наступною методикою:

2.1 Місце та умови проведення досліджень

Експериментальні дослідження перевірки адекватності математичних моделей процесів волого-теплової обробки і віджимання насіння рицини та процесу фільтрації касторової олії крізь шар мезги планується проводити в умовах експериментального заводу ІМТ НААНУ. Зразки спеціально приготовленої м’ятки насіння рицини надає лабораторія кормовиробництва.

Оцінка умов проведення досліджень включає:

- визначення температури навколишнього середовища та відносної вологості повітря у приміщенні де проходять експериментальні дослідження згідно ГОСТ 20915-75 (СТ СЄВ 5630-86) Сельскохозяйственная техника. Методи определения условий испытаний (Сільськогосподарська техніка. Методи визначення умов виробувань) [1].

Термін проведення досліджень – вересень – жовтень 2010 р.

2.2 Приготування досліджуваної сировини

Досліджувана сировина готується із двох варіантів насіння рицини:

а) із обрушеного насіння.

б) із необрушеного насіння.

Для цього відбирається дві навіски насіння рицини масою 1 кг і 1,2 кг відповідно і вологістю до 7,0-7,5 %. Навіска насіння рицини масою 1,2 кг обрушується на спеціальній установці [2]. Після цього обидві навіски по мірі готовності експериментального обладнання піддаються грубому подрібненню насіння шляхом їх плющення за допомогою побутової м’ясорубки із якої

видалений ніж. Ступінь подрібнення контролюється по кількості не роздавленого насіння. При грубому подрібненні допускається щоби частина насіння в значеній мірі була тільки деформована.

Перелік лабораторного устаткування наданий у додатку А.

2.3 Методика експериментальної перевірки адекватності математичної моделі процесу волого-теплової обробки м’ятки рицини

Мета дослідження – отримати експериментальні залежності впливу технологічних режимів вологотеплової обробки мезги насіння рицини, що дозволить замкнути систему рівнянь математичної моделі вологотеплової обробки и експериментально перевірити адекватності отриманої математичної моделі.

Для виконання поставленої мети необхідно виконати наступні програму досліджень:

– скласти матрицю планування багатофакторного експерименту;

– провести експерименти при технологічних режимах, закладених в численні дослідження математичної моделі й побудованої матриці;

– розрахувати коефіцієнти рівняння регресії и перевірити адекватності лінійного рівняння регресії;

– при необхідності провести факторний експеримент другого порядку і отримати рівняння регресії другого порядку. Вивчення поверхні відклику, визначення умовного екстремуму;

– визначити якісні показники касторової олії і мезги при кращих технологічних режимах;

– замкнути систему рівняння математичної моделі одержаним рівняння регресії, обмеження використання жорстких технологічних режимів.

Перед проведенням експерименту визначаються наступні параметри:

$M_п$ – олійність м’ятки;

– висота шару мезги при самопропарюванні;

Θ – температура глухого пару;

ω_u – вологість після інактивації;

ω_u – вологість мезги яка закладається в зернову камеру;

$P_г$ – тиск глухого пару

Волого-теплова обробка м’ятки перед віджиманням олії передбачає процедуру інактивації ферментної системи, яка включає зволоження і нагрів на протязі 30-40 с насиченим гострим паром до вологості ω_u = 9,0-10 % і температури 85^0 -90^0С. Після витримки на протязі 3-5 хв. приступають до безпосередньо волого-теплової обробки м’ятки перед форпресуванням, яка включає зволоження м’ятки гарячою водою при температурі 80–85^0С. Після цього навіску м’ятки насіння рицини поміщують в автоклав (рис.1) сушать на протязі 45–50 хв. її глухим паром при температурі пару 140^0–160^0 С до вологості $\omega_к$. Температура м’ятки $Q_к$ при якій проводиться закладка м’ятки в зеєрну камеру повиннаа бути 110–115 ^oC.

Опис експериментальної установки

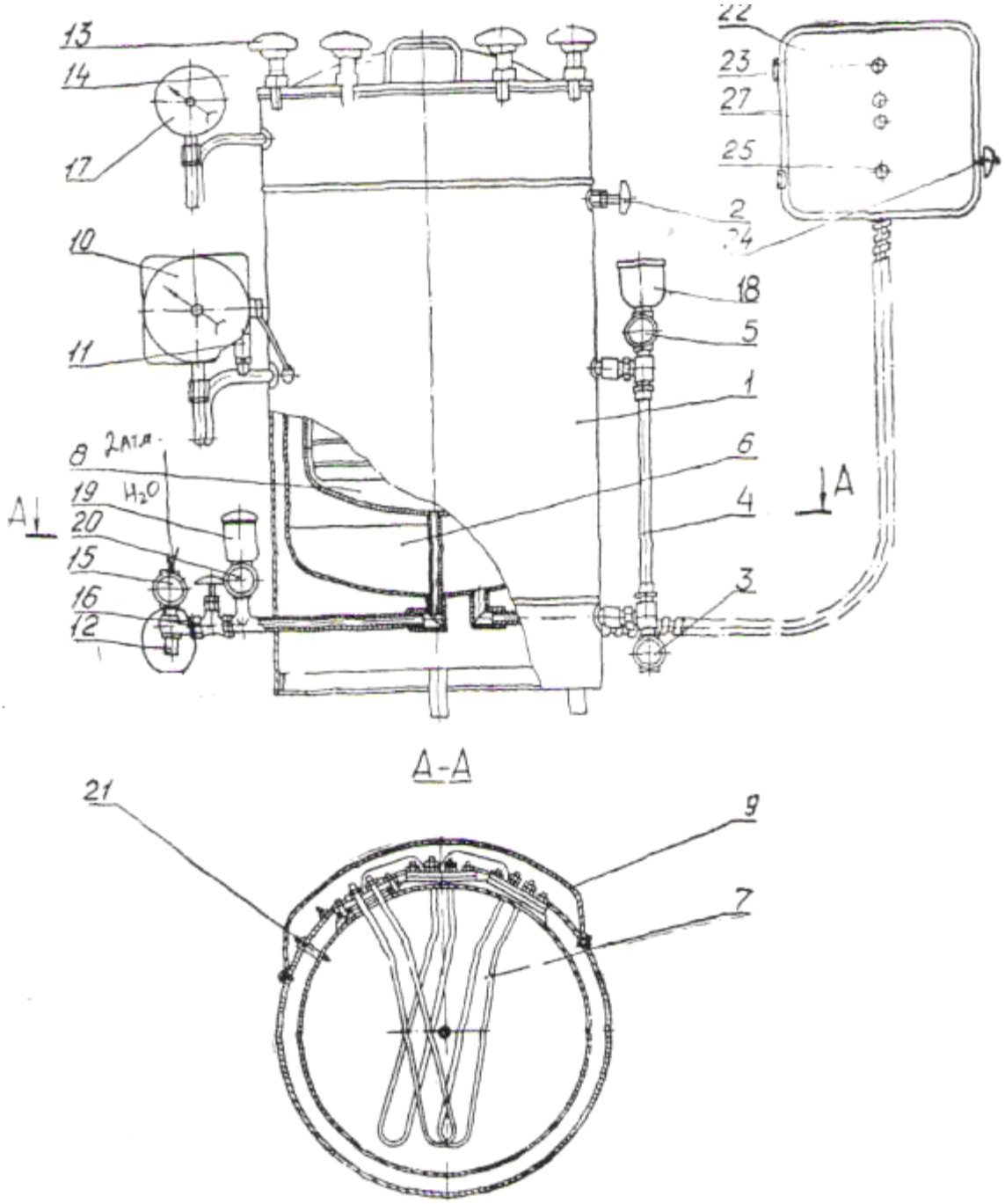

Рис. 1 Стериалізатор паровий ВК – 75

1- кожух, 2 – вентиль, 4 – колонка водовказівна, 5 – вентиль, 6 – камера водопарова, 7 – електронагрівач, 8 – камера стерилізаційна, 9 – коробка, 10 – манометр електроконтактний, 11 – клапан запобіжний, 12 – ежектор, 13 – прижим, 14 – кришка, 15 – вентиль, 16 – вентиль, 17 – мановакууметр, 18 – воронка, 19 – фільтр, 20 – вентель, 21 – датчик рівня, 22 – електрощит, 23 – лампа сигнальна, 24 рукоятка вимикача, 25 – лампа сигнальна, 27 – запобіжник.

Із досягнутою таким чином вологістю і температурою – м’ятку закладають в зеєрну камеру і піддають осьовому стисканню. Дослідами [3] і іншими спеціалістами встановлено, що якість волого-теплової обробки залежить від структурно-механічних властивостей мезги і її масловіддачі які в свою чергу залежать від властивостей переробляємої сировини: початкової вологості м’ятки; її олійності; часу і температурі обробки; товщини шару при самопропарюванні в автоклаві; скорості сушки мезги; температурі і вологості при поступані до пресу, які описуються наступною моделлю:

$$\tau_\beta = f_\beta(\omega_n, M_n, t_n, \Theta_n, h\frac{d\Theta}{dt}, \Theta_k, \omega_k), \quad (1)$$

$$K_M = f_M(\omega_n, M_n, t_n, \Theta_n, h) \quad (2)$$

де τ_β – бінгемовська границя текучості;

K_M - коефіцієнт олієвіддачі;

$\omega_п$, $\omega_к$ - відповідно початкова та кінцева вологість м’ятки, %;

$M_п$- початкова олійність м’ятки, %;

$t_п$ - час само пропарювання, с.;

Θ_n, $\Theta_к$ - відповідно початкова температура при само пропарюванні м’ятки, температура мезги на вході у прес;

h - висота шару мезги в ємкості при самопропарюванні;

$\frac{d\Theta}{dt}$ - швидкість сушки мезги в автоклаві; можна спростити $V_e = \frac{\Theta_ї - \Theta_ê}{\Delta t}$;

$\Delta t = t_1 - t_0$; $t_0=0$ t_1-час сушки; $\Theta_{гп}$ - температура глухого пару. $\Theta_{гп} = 150^0$ С

Із наведених факторів, які впливають на структурно-механічні властивості мезги при проведені експериментів змінюваними будуть:

$\omega_п$ - початкова вологість мятки перед закладкою в зерно камеру, кодове позначення X_1;

$t_п$ – час само пропарювання, кодова позначення X_2;

V_c – швидкість сушки мезги, ^{0}С/хв.

К – функція відгуку, кодове позначення У

Значення факторів наведені в табл. 1.

Таблиця 1 - Значення факторів при яких будуть проводитися експерименти їх ніжній та верхній рівень

Назва	X1	X2	X3
Нульовий рівень	11,5	50	5,5
Інтервал варіації	2	10	1
Верхній рівень	13,5	60	6,5
Нижній рівень	9,5	40	4,5

Визначення об'ємної (насипної) маси за допомогою стакана з шарнірною рамкою. Прилад складається із стакана 1 і шарнірної рамки. Вимірювану масу засипаються вільно за допомогою великого совка з висоти верхнього

краю рамки 2 до заповнення її. Обережним поворотом шарнірної рамки верхній шар матеріалу зрізають по краю стакана 1, після чого проводять зважування з матеріалом з точністю ± 25 р. При цьому необхідно уникати поштовхів і ударів щоб уникнути зміни щільності укладання.

Таблиця 2 – Матриця повного факторного експерименту типа 2^4

№ експерименту	X_1	X_2	X_3	Функція відгуку У
1	+	+	+	
2	–	+	+	
3	+	–	+	
4	–	–	+	
5	+	+	–	
6	–	+	–	
7	+	–	–	
8	–	–	–	

Заздалегідь в досліджуваній масі визначаються масляниста і вологість. Об'ємну масу визначати у всіх 16 дослідах по трьом повторностям.

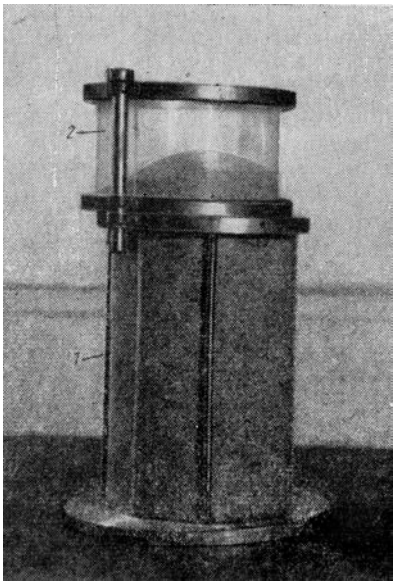

Рис. 2 Стакан з шарнірною рамкою

$$\rho_{об} = \frac{m_1 - m_2}{V} \cdot 1000$$

Розрахунок ведуть за формулою

$$\rho_{об} = \frac{m_1 - m_2}{V} \cdot 1000$$

де $\rho_{об}$ – об'ємна маса кг/м^3;

m_1 – маса стака з насінням, кг;

m_2 – маса порожнього стакана, кг;

V – об'єм стакана, л.

Перед початком експерименту в мятке і в кінці влаготепловой обробки визначаються наступні якісні показники масла і білка:

Визначення кислотного числа – по ГОСТ 5476 – 80.

Визначення перекисного числа – по ГОСТ
Визначення йодного числа – по ГОСТ 5475 – 69 (метод Кауфмана).
Визначення вологості досліджуваної маси проводити методом висушування зразків до постійної маси по ГОСТ 5947 – 68.
Визначення фракційного складу білкових речовин насіння і продуктів їх переробки по розчинності в різних розчинниках [с. 297 – 303].

Обробка досвідчених даних

Рис. 3 Алгоритм расчёта и анализа математической модели экспериментально-статистическими методами

Таблиця 3 Формули розрахунку за планом ПФЕ 2^n

Блоки	Формули розрахунку	Позначення
1	$\hat{y} = \sum_{i=1}^{n} b_i x_i, (i = 0,1,..,n);$ або $\hat{y} = \mathbf{B}^{\mathbf{T}}\mathbf{X}$	$\hat{y}$ – змінна стану (розрахункова); $\mathbf{X}, x_i$ – чинники; $\mathbf{B}, b_i$ – коефіцієнти рівняння регресії; n – число чинників; $\mathbf{Y}, y_u$ – змінна стану (експериментальна);
2	$b_i = \frac{1}{N}\sum_{u=1}^{N} x_{iu} y_u, (i = 0,1,...,n)$ $\mathbf{B} = (\mathbf{X}^{\mathbf{T}}\mathbf{X})^{-1}\mathbf{XY}$	$\mathbf{X}^T$ – транспортована матриця $\mathbf{X}$; N – число дослідів;
3	$s_u^2 = \frac{1}{m-1}\sum_{k=1}^{m}(y_{uk} - \bar{y}_u)^2;$ $\bar{y}_u = \frac{1}{m}\sum_{k=1}^{m} y_{uk};$ $G_p = s_{umax}^2 / \sum_{u=1}^{N} s_u^2$	s_u^2 – відрядкова дисперсія; y_{uk} – змінна стану (у паралельних дослідах); G_p – розрахункове значення критерію Кохрена; m – число паралельних дослідів;
3а	Умова однорідності дисперсії $G_p < G_T(q, f_1, f_2);$ $f_1 = m - 1;$	G_T – табличне значення критерію Кохрена; f_1, f_2 – число мір свободи; q – рівень значущості
4	$s_0^2 = \frac{1}{N}\sum_{u=1}^{N} s_u^2;$ $s_{bi}^2 = s_0^2/N;$	s_0^2 – помилка досвіду (дисперсія відтворюваності); s_{bi}^2 – дисперсія коефіцієнтів;
5	$t_{ip} \lvert b_i \rvert / s_{bi}$	t_{ip} – розрахункове значення критерію Стьюдента;
5а	Умова значущості коефіцієнтів $t_{ip} > t_T(q, f);$ $f = N(m-1)$	s_{bi} – середньоквадратичні відхилення t_T – табличне значення критерію Стьюдента; f – число мір свободи
6	$s_{ад}^2 = \frac{m}{(N-n-1)}\sum_{u=1}^{N}(\bar{y}_u - \hat{y}_u)^2$ $F_p = s_{ад}^2 / s_0^2$	$s_{ад}^2$ – дисперсія адекватності; F_p – розрахункове значення критерію Фішера
6а	Умова адекватності моделі $F_p < F_T(q, f_1, f_2);$ $f_1 = N - n - 1;$ $f_2 = N(m-1)$	F_T – табличне значення критерію Фішера; f_1, f_2 – число мір свободи

За результатами експериментів планується розраховувати спочатку швидкість сушки мезги в автоклаві, для дев'яти варіантів,а потім розраховувати функції (1) і (2) та порівнювати їх значення із теоретичними. Величина розбіжностей між експериментальними і розрахунковими значеннями приймається за міру адекватності математичної моделі процесу волого-теплової обробки м'ятки рицини.

Вимірювання всіх величин які входять в рівняння (1) і (2) проводиться за стандартними методиками, а обґрунтування раціональних режимів волого-теплової обробки м'ятки рицини виконується за результатами віджимання рицинової олії пресуванням в зеєрній камері.

2.4 Методика експериментальної перевірки адекватності математичної моделі процесу віджимання насіння рицини

Мета роботи – експериментально отримати рівняння стану середовища, що зв'язує компоненти напруги, деформації і їх похідні за часом, залежності коефіцієнтів фільтрації від ступеня стиснення і часу фільтрації, що дозволяють замкнути системи рівнянь математичних моделей процесів віджимання і фільтрації; уточнити параметри процесу консолідації обробки мезги насіння рицини.

Для виконання поставленої мети необхідно виконати наступну програму досліджень:

– експериментально отримати рівняння стану середовища, що зв'язує компоненти напруги, деформації і їх похідні за часом;

– експериментально уточнити основні параметри процесу консолідації при переробці мезги насіння рицини в шнековому пресі;

– визначити основні чинники, що впливають на процес фільтрації касторової олії через шар мезги в шнекових пресах;

– експериментально визначити залежності коефіцієнтів фільтрації від ступеня стиснення і часу фільтрації;

– визначити якісні показники касторової олії і макухи при кращих технологічних режимах;

– замкнути систему рівнянь математичної моделі консолідації при переробці мезги насіння рицини в шнековому пресі.

Проведення експериментів виконується за допомогою спеціально сконструйованою та виготовленої експериментальної установки. Загальний вигляд експериментальної установки наведений на рис. 4 . Експериментальна установка представляє собою лабораторний прес основою якого є зеєрна камера 1, розміщена в ємності 2, розташовані на плиті 5. При експериментах виготовлена мезга переміщається в зеєрну камеру і за допомогою штока 4, до якого прикладаються зусилля, створюється осьова деформація, що викликає об’ємні напруження. Натуральні зразки лабораторного пресу наведено на рис.5, та зеєрної камери на рис.6. Плита 5 зеєрної камери являється пристроєм для виміру внутрішнього тиску рис 8, в яку встановлюєтья тензо-балка з тензо-датчиками рис 9.

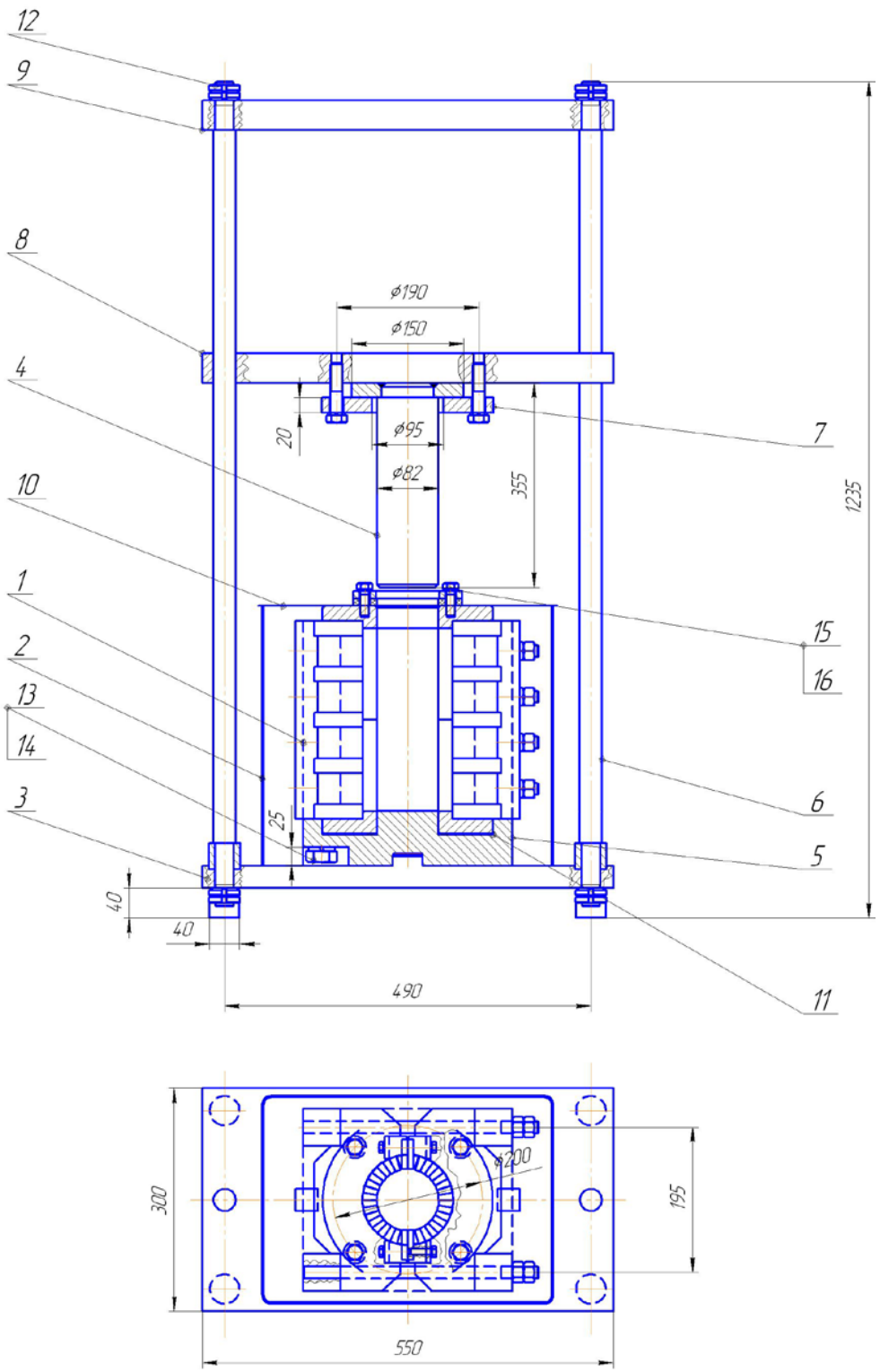

Рис. 4 Пресс лабораторний:

1 – зеєрна камера; 2 – ємність; 3 – основа; 4 – шток; 5 – плита; 6 – спрямовувач; 7 – фланець; 8 – траверса; 9 – балка; 10 – кришка; 11 – прокладка; 12 – фланець; 13 – прокладка.

Рис. 5 Натуральний зразок лабораторного пресу

Рис. 6 Натуральний зразок зеєрної камери

Рис. 7 3D зразок лабораторного пресу

1 – зеєрна камера; 2 – ємність; 3 – основа; 4 – шток; 5 – плита; 6 – спрямовувач; 7 – фланець; 8 – траверса; 9 – балка; 10 – кришка.

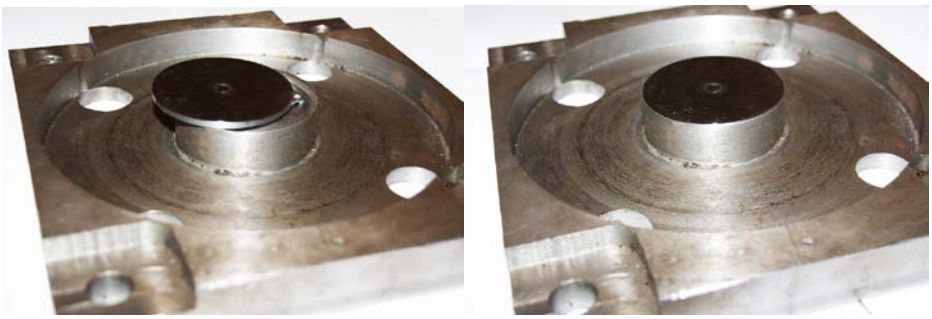

Рис. 8 Плита виміру внутрішнього тиску зеєрної камери

Рис. 9 Тензо-балка з тензо-датчиками.

Перед початком випробувань проводилось тарування датчиків. За отриманими даними був побудований графік залежності деформації тензобалки від навантаження (рис. 10).

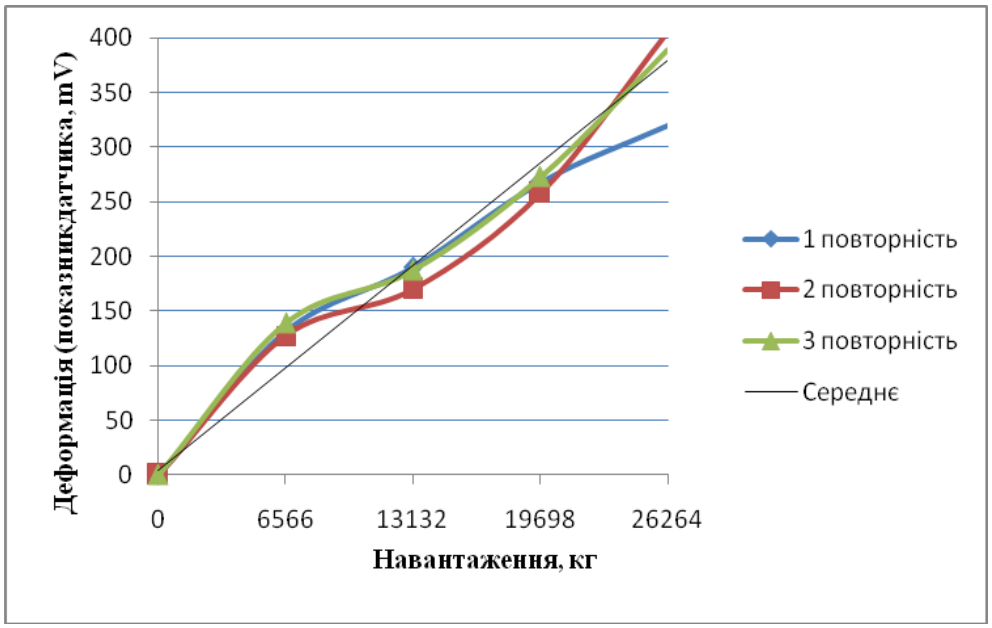

Рис. 10 Діаграма тарування тензоблока

Процес віджимання олії із насінням рицини, в першу чергу ,залежить від властивостей м'ятки насіння,а потім від структурно-механічних властивостей мезги отриманих при волого-тепловій обробці.

Приготовлена за режимами наведеними в (3.4) мезга закладається в попередньо підігріту до температури 80-85 ^{0}С, зеєрну камеру (рис. 6). Після цього за допомогою преса через шток зерної камери виконуємо одноосьове стискання мезги за встановленим раніше режимом стискання .
при створенні пресу типу ФП який вважається найкращою сучасною конструкцією, із усіх відомих конструкцій пресів. Приклад розрахунку режимів стиску для пресу наведено в табл. 4.

Таблиця 4 Розрахунок режимів стиску для пресу

Ступінь стиску	Номер шнечка								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$E_{Ш.В.} = \frac{V_1}{Vn} = n^{1,145}$	1	2,21	3,52	4,89	6,31	7,78	9,28	1081	12,38

де V_1-об'єму мезги, яка подається в зеєрну камеру;
Vn - об'єм матеріалу після кінцевого стикування пресом;
n- номер шнека шнекового вала.

Таким чином загальний закон стискування мезги на шнековому валу можна узагальнити такою залежністю:

$$E_{Ш.В.} = \frac{V_1}{Vn} = n^к$$

Для насіння рицини, яке відрізняється своїми фізико-механічними властивостями цей закон стискання потрібно визначити експериментально. Із цією метою експеримент по перевірці адекватності математичної моделі віджимання олії із насіння рицини планується провести із шістю різними законами стискання які визначаються величиною ступеня при числі n. Значення ступеня наведені в табл. 5.

Таблиця 5 Значення ступенів числа n при яких проводяться експерименти

Показник ступеня К	0,745	0845	0945	1,045	1,145	1,245
Кінцева ступінь стискання $E_{шв}$	5,1394	6,4023	7,9755	9,9354	12,38	14,26

Кожному значенню ступеня числа n відповідає свій режим стиску який при експериментах забезпечується ступінчатим переміщенням поршня зеєрної камери. Це забезпечить ступінчату деформацію мезги в зеєрній камері при напругах, які наростають ступінчато.

Значення величини ступінчатого переміщення поршня зеєрної камери і відповідні їм величини стискання наведені в табл. 6.

Таблиця 6 Величина ступінчастого переміщення поршня і значення ступеня стискання при виконанні експериментів

Показник ступеня	Величина ступінчастого переміщення поршня Н, та ї ступінь стиснення $E_{ш.в.}$								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,745	300	179	132	107	90,5	79	70,4	63,7	58,4
	1,00	1,68	2,27	2,8	3,32	3,8	4,3	4,7	5,4
0845	300	167	118,6	93	77	66	58	51,8	46,9
	1,00	1,80	2,53	3,23	3,9	4,54	5,17	5,8	6,4
0,945	300	15583	106,23	80,94	65,55	55,18	47,70	42,04	37,61
	7,00	1,92	2,82	3,71	4,58	5,44	6,3	7,14	7,98
1,045	300	145,4	95,2	70,5	55,8	46,12	39,3	34,15	30,2
	1,00	2,063	3,15	4,26	5,38	6,50	7,64	8,78	9,93
1,145	300	135,66	85,27	61,34	47,51	38,56	32,32	27,74	24,24
	1,00	2,21	3,51	4,90	6,3	7,78	9,28	10,81	12,38
1,245	300								18,31
	1,00								14,48

Вимірювальними параметрами при виконанні експериментів за планом табл. 6 прийнято питомий тиск в зеєрній камері Р кг/см^2 і об'єм віджатої олії. Об'єм віджатої олії виражається в одиницях:

$$V = \frac{M_0 - M_n}{M_0}, \qquad (3)$$

де M_0 - об'єм масла в початковій сировині;

M_n - об'єм масла віджатого при кожній зупинці поршня зеєрної камери.

Вимірювання тиску в зеєрній камері виконується за допомогою тензометричної пластини шляхом осцилографування.

Торировочний графік тензопластини наведений на рис. 7

Отримані результати використовуються для побудови графіків:

$$\sigma = f(\Delta) \qquad (1)$$

$$\sigma = \mathrm{f}(E_{\text{шв}}) \qquad (2)$$

$$V = f(t_{cm}) \qquad (3)$$

$$t_{\text{m}} = \mathrm{f}(\Delta) \qquad (4)$$

$$\Delta = \mathrm{f}(t_{\text{ст}}) \qquad (5)$$

де σ - нормальні напруження мезги в зеєрній камері, кг/см^2;

Δ - деформація мезги в зеєрній камері, мм;

$E_{\text{шв}}$ - ступінь стиску мезги;

$\mathrm{t}_{\text{ст}}$ - час стиску, с;

V - об'єм віджатої олії, см^3

Приклад побудови графіків $0 = \mathrm{f}(\mathrm{t}_{\text{ст}})$; $\Delta = \mathrm{f}(t_{\text{ст}})$ наведено на рис 7.

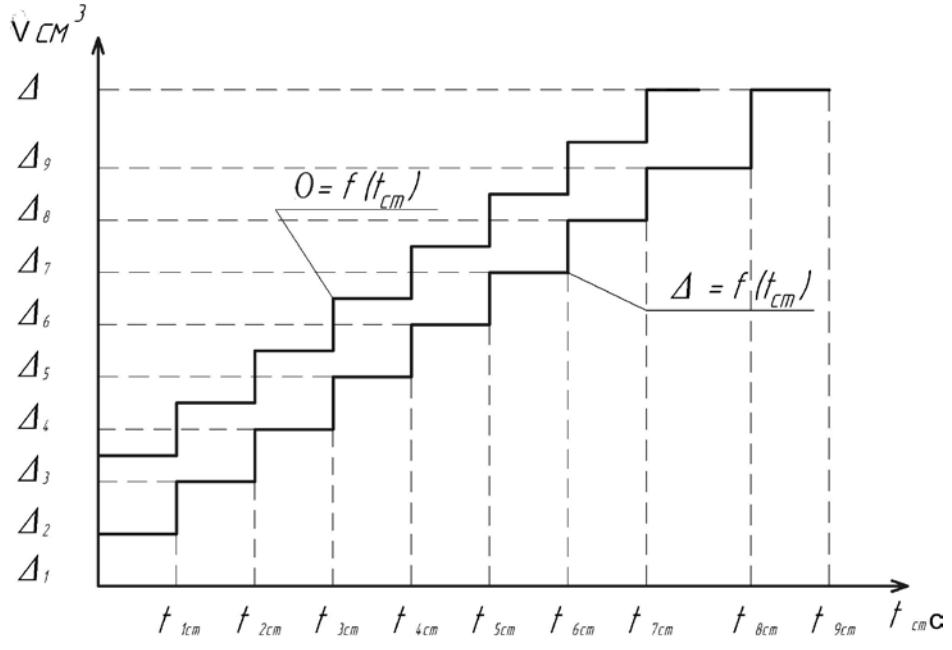

Рис. 7 Графік деформації в зеєрнії камері в реальному часі і об'єм віджатої олії

Співставлення графіків (1) і (2) отриманих за експериментальними даними із даними розрахунковими дає можливість установити ступінь адекватності математичної моделі процесу віджимання рицинової олії в залежності від технологічних режимів волого – теплової обробки. Співставлення графіків (3) і (4) дозволить установити найбільш раціональні режими волого – теплової обробки мезги насіння рицини.

2.5 Методика експериментальної перевірки математичної моделі процесу фільтрації рицинової олії крізь шар мезги

Головним показником фільтрації олії в двофазному середовищі, в даному випадку мезги, згідно закону Дарсі є коефіцієнт пропорційності

$K = K_o g/\gamma$; де K_o - проникність мезги,

яка характеризується тільки її геометричними властивостями і змінюється в залежності від ступеня деформації середовища.

ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості , сст;

g – прискорення сили тяжіння, $м^2/с$.

$$Ко = К \frac{\nu}{g} \tag{4}$$

Коефіцієнт пропорційності в залежності від тиску при різних деформаціях мезги можливо отримати із формули яка отримується із закону Дарсі:

$$U = - K \frac{P}{S\gamma} \tag{5}$$

де U – швидкість фільтрації, м/с .

Середня швидкість фільтрації

$$U = V/S \tag{6}$$

S – площа перетину зеэрної камери, $м^2$;

P – тиск в зеєрній камері;

γ - об'ємна вага, $кг/м^3$;

V – витрата олії через одинцю геометричної площі перерізу мезги в зеєрній камері.

Взявши за основу графік залежності об'єму віджатої олії за час стискання $\boldsymbol{t}_{іст}$. обраховуємо на кожній ступені стискання швидкість фільтрації. Результати розрахунків швидкості фільтрації, а також отриманні значення, шляхом осцилографування питомого тиску в зеєрній камері планується заносити у табл. 7.

За отриманими результатами розраховуємо коефіцієнт пропорційності.

Співставляючи експериментальні графіки із розрахунковими робимо висновок про ступінь адекватності математичної моделі і обґрунтовуємо раціональні рижими волого-теплової обробки мезги насіння рицини і раціональні режими стискання її в пресі.

Таблиця 7 Результати експериментальних даних розрахунку параметрів фільтрації олії в результаті віджимання лузги у зеєрній камері

Параметри фільтрації	Ступінь деформації								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Витрата олії, $см^3/с$									
Швидкість фільтрації м/с									
Питомий тиск у зеєрній камері, $кг/см^2$									
Коефіцієнт пропорційності									
Коефіцієнт проникнутості мезги									

За даним табл. 7 будуємо графік залежності K = f (Δ), Ko=f (Δ).

3 СТАТИСТИЧНА ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ

Статистична обробка експериментальних даних

Статистична обробка експериментальних даних проводилася по загальноприйнятих методиках.

Середні значення величин

$$\overline{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i, \qquad \overline{y} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i.$$

Середнє квадратичне відхилення величин **x1**, **x2.x$_n$**

$$S = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2},$$

де **n** – число спостережень.

Коефіцієнти лінійної регресії від одного параметра визначалися по методу найменших квадратів за допомогою визначників

$$b_o = \frac{\begin{vmatrix} \sum_{i=1}^{n} y_i & \sum_{i=1}^{n} x_i \\ \sum_{i=1}^{n} x_i y_i & \sum_{i=1}^{n} x_i^2 \end{vmatrix} 1}{\begin{vmatrix} n & \sum_{i=1}^{n} x_i \\ \sum_{i=1}^{n} x_i & \sum_{i=1}^{n} x_i^2 \end{vmatrix}},$$

$$b_i = \frac{\begin{vmatrix} n & \sum_{i=1}^{n} y_i \\ \sum_{i=1}^{n} x_i & \sum_{i=1}^{n} x_i y_i \end{vmatrix} 1}{\begin{vmatrix} n & \sum_{i=1}^{n} x_i \\ \sum_{i=1}^{n} x_i & \sum_{i=1}^{n} x_i^2 \end{vmatrix}}.$$

Емпіричні дисперсії

$$\left.\begin{aligned} S_x^2 &= \frac{1}{n-1}\left[\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - (\bar{x})^2 n\right] \\ S_y^2 &= \frac{1}{n-1}\left[\sum_{i=1}^{n} y_i^2 - (\bar{y})^2 n\right] \end{aligned}\right\}.$$

Емпіричний коефіцієнт кореляції, що характеризує міру лінійної залежності

$$r = \frac{1}{S_x S y}\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}).$$

Адекватність лінійних рівнянь регресії перевірялася по критерію Фішера

$$F = \frac{S^2_{\text{àä}}}{S^2_{\text{âî ñï ð}}},$$

де $S_{\text{áä}}^2$ - - дисперсія адекватності

$$S_{\text{áä}}^2 = \left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}(y_{ij} - \hat{y}_i)^2 - \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}(y_{ij} - \bar{y}_i)^2\right]/(n-1);$$

$$S^2_{\text{âî ñï ð}} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m_i}\left(y_{ij} - \overline{y}_i\right)^2}{\sum_{i=1}^{n}\left(m_i - 1\right)};$$

S_{aaaa}^2 - дисперсія відтворюваності

$$S^2_{\text{î ñò}} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m_i}\left(y_{ij} - \hat{y}_i\right)^2}{\sum_{i=1}^{n} m_i - l},$$

S_{aaa}^2 - дисперсія залишкова

$$\mathbf{\overline{y}_i = \frac{1}{m_1}\sum_{j=1}^{m_i} y_{ij}};$$

l – число коефіцієнтів в рівнянні регресії;

Рівняння лінійної регресії $\mathbf{\hat{y} = b_o + b_1 x}$;

Рівняння адекватне експерименту, якщо $F = \frac{S^2_{\text{àä}}}{S^2_{\text{âî ñï ð}}} < F_{1\text{-}p}\left(f_1, f_2\right),$

де **p** – рівень значущості;

$f_1 = f_{\text{àä}} = n - l;\ f_2 = f_{\text{âî ñï ð}} = \sum_{i=1}^{n}\left(m_i - 1\right) -$ числа мір свободи;

F1-p(f1,f2) – табличне значення критерію Фішера.

Якщо рівняння регресії – поліном деякої міри, то адекватність експерименту досягалася підвищенням ступеня полінома. Як критерій розглядалася залишкова дисперсія

$$\mathbf{S^2_{ino} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}{n-1}}.$$

Адекватність перевірялася по критерію Фішера $\mathbf{F = \frac{S_k^2}{S_{k+1}^2}}$. При $\mathbf{F = \frac{S_k^2}{S_{k+1}^2} < F_{1\text{-}p}(f_1,f_2)}$ для вибраного рівня значущості **p** і чисел мір свободи $\mathbf{f_1 = f_k}$ и $\mathbf{f_2 = f_{k+1}}$ збільшення ступеня **k** припинялася.

У разі нелінійної кореляції як міра залежності, т. е. заходи концентрації експериментальних крапок біля усереднених кривих регресії, застосовувалося кореляційне відношення **hy/x**

$$\eta^2_{x/y} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{l}(m_i - 1)S^2_{y/x}}{(n-1)S^2_y},$$

де $\bar{y}/x_i$ - дійсне середнє значення **y** від **x**, $\bar{y}/x_i = \frac{1}{m_i}\sum_{j=1}^{m_i} y_{ji}$

l – число інтервалів, на яке розбивають весь діапазон величини **x** і для кожного **i**-го інтервалу з центром в точці **xi** підраховують умовне середнє значення $\bar{y}/x_i$ і умовну емпіричну дисперсію $S_{y/xi}^2$.

$$S^2_{y/x_i} = \frac{1}{m_i - 1}\sum_{i=1}^{m_i}(y_{ji} - \bar{y}/x_i)^2,,$$

де m_i – число крапок (x_{ji}, y_{ji}), абсциси яких потрапили в **i**-й інтервал;
i – номер інтервалу;
j – номер крапки в інтервалі.

Величина достовірності апроксимації кривої сушки визначається відносною погрішністю δ [с. 17-19]]

$$\delta = \frac{\Delta}{|A|},$$

де $\Delta = |A - a|$ абсолютна погрішність наближеного числа **a** від точного числа **A**.

ДОДАТОК А
(довідковий)

Лабораторне устаткування та метрологічне забезпечення

Подрібнювач лабораторний або ступка бронзова	1 шт.
М'ясорубка побутова 2	1 шт.
Терези лабораторні ВЛКТ – 500	1 шт.
Ваги шкільні РН – 50 ШВП – 1	1 комплект.
Зеєрна камера із ємністю для відбору олії	1 шт.
Прес гідравлічний	1 шт.
Воронки скляні за ГОСТ 25336-82	3 шт.
Колби скляні за ГСТ 25336-82 міскістю 50, 100 та 200 $см^3$	20 шт.
фотоапарат	
Шафа сушильна електрична кругла 2 В – 151	1 шт.
Автоклав лабораторний	1 шт.
Електропіч ЕНОЛ – 1,6	1 шт.
Термостат сухо повітряний що забезпечує підтримку температури з точністю + 2^0С	1 шт.
Тензоблок для вимірювання тиску на мезгу в заєрній камері	1 шт.
Осцилограф	1 шт.
Лінійка металева з межою виміру 500 мм за ДСТУ 27-56	1 шт.
Секундомір	1 шт.
Термометр	1 шт.

ДОДАТОК Б
(довідковий)

Перелік посилань

1 Работнов Ю.Н. Ползучесть злементов конструкций. - М.: Наука, 1966.
2 Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичносте и ползучести. Учебник для студентов вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1975. - 400 с.
3 Флорин В.А Основи механики грунтов. Том II. Деформация и устойчивость оснований сооружений. - Л. - М: Стройиздат, 1961.544 с.
4 Руководство по методам исследования, технохимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности. Том II. Специальньїе методи анализа и технохимический контроль в производстве растительньїх масел. /Под ред. В.П. Ржехина и А.Г. Сергеева. Л.: 1965. 420с.
5. Масликов В.А. Технологическое оборудование производства растительньїх масел. Изд. 2-е, перер. и доп. М.: Пищевая промышленность, 1974. - 440 с.
6. Масликов В.А. Примерьі расчетов оборудования производства растительньїх масел. М.: Пищепромиздат, 1959.-226 с.
7. Зарецкий Ю.К. Теория консолидации грунтов /Под ред. Н.А. Цітовича. М.: Наука. 1967.- 268 с.
8. Дідур В.А., Зубкова К.В. Спосіб отримання безлузгового ядра насіння рицини.//Праці ТДАТА. -Вип. 33, -Мелітополь, 2005, -с.60-67.
9. Дидур В.А. Проблемы механизации глубокой переработки клещевины. //Праці ТДАТА. -Вип. 38, -Мелітополь, 2006,-с.4-12.
10. Дидур В.А. Проблемы производства и использования энергетического биосырья. // Известия МААО «Экономика и организация сельскохозяйственного производства». - Выпуск №6. Том 2. Санкт-Петербург, 2008. – с.76-82.