

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЯСТРЕБА СЕРГІЙ ПЕТРОВИЧ

УДК 621.97:665.347.8.

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ І ДОВГОВІЧНОСТІ ОЛІЙНИХ
ПРЕСІВ**

05.18.12 – Процеси та обладнання харчових,
мікробіологічних та
фармацевтичних виробництв

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 2012

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному університеті харчових технологій Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Некоз Олександр Іванович, Національний університет харчових технологій, професор кафедри машинобудування, стандартизації та сертифікації обладнання

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Гавва Олександр Миколайович, Національний університет харчових технологій, професор кафедри технічної механіки та пакувальної техніки.

доктор технічних наук, професор
Стечишин Мирослав Степанович, Хмельницький національний університет, професор кафедри машинознавства

Захист відбудеться "___" _____ 2012 року о ___ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.02 в Національному університеті харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68, аудиторія ____

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий "___" _____ 2012 року.

Вчений секретар
 спеціалізованої вченої ради,
 кандидат технічних наук, доцент

Л.О.Кривопляс-Володіна

эффективности отжима масла и уменьшение энергозатрат. На предложенную конструкцию получен патент Украины на полезную модель.

Ключевые слова: шнековый пресс, исходный узел, изнашивание, коэффициент трения, геометрические параметры, напряжения, деформации, вычислительные эксперименты, термомодификационная обработка, вибрация.

ANNOTATION

of S. Yastreba. Increased efficiency and durability of oil presses. - Manuscript.

Dissertation for obtaining the degree of candidate of technical sciences in specialty 05.18.12 – processes and equipment of food, microbiological and pharmaceutical industries.

National University of Food Technologies, Kyiv, 2012.

The dissertation is dedicated to the increasing of performance and durability of oil presses. The main parameters causing limitation of operating time and lifetime of parts of the extracting cylinder of the press are determined. It is shown that one of the major factors that determine the efficiency of presses is the functioning of the output section of the press. The diverse nature and mechanism of wear of the extracting cylinder parts are found: corrosion-mechanical – on the input and abrasive together with corrosion-mechanical – on the output section of the press.

A method to study wear resistance of parts is developed, which allows to study the influence of the operating environment and working conditions of friction units (the sliding speed, the specific load) on the nature and intensity of the wear of steels, and friction coefficient.

For the first time, using the methods of metallographic and electron spectrum analysis, changes are found of the secondary structure composition on the surface of metals during friction against operating environment of oil production. The method of Auger spectroscopy showed that ultra-thin (up to 40–60 nm thick) surface layers of steel samples, during friction against pulp and meal, are enriched with elements such as Na, Ca, P, Si, which are part of it.

A mathematical model of the passage process of dispersed material in the outlet of the press is proposed. A calculation method is developed on its basis of the stress-strain state of the dispersed material in the annular gap of the adjusting device by the finite element method using the software "Plastis-002", stress and deformation of the product are determined and visualized when pushed through the output section of the press.

Based on the results of computational experiments, in accordance with the fractional multifactorial design 3^{3-1} , the problem of optimizing the geometric parameters of the output section is solved according to the response function of the radial pressure of the environment that allows for increasing of durability of the output section parts.

A new design of the output (adjusting) section of the expeller is proposed, which through the use of vibration ensures improvement of oil extraction efficiency and reduction of energy costs

Keywords: expeller press for oil extraction, output operating section, friction coefficient, geometric parameters, strain, deformation, computing experiments, thermal diffusion processing, vibration.

Підписано до друку 05.09.2012р. Формат 60х90/16
Папір офсетний. Друк – ризографія. Умовн. друк. арк. 0,9
Гарнітура Times New Roman.
Наклад 120 примірників. Зам. № 4023

Надруковано у СПДФО Гаржа М.Ф.
Свідоцтво № 1949605176 від 04.12.2006 р.
36029, м. Полтава, вул. Шведська, 20-Б

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Загальнотехнічна проблема надійності і довговічності обладнання набуває особливого значення для підприємств харчової і переробної промисловості, в тому числі і олієжирової. Адаже на сучасних підприємствах з виробництва соняшникової олії використовується в основному обладнання безперервної дії, тому навіть короточасні зупинки і перерви в роботі внаслідок відмов спричиняють значні матеріальні і фінансові втрати, а також зміну фізико-хімічних і органолептичних властивостей продукції (олії).

Але, незважаючи на багаторічний досвід створення і експлуатації пресового обладнання для вичавлювання олії, проблема надійності і довговічності його ще не набула належної ваги в наукових дослідженнях. Одним з перших науковців, який науково-обґрунтовано підійшов до вивчення процесів спрацювання і довговічності деталей олійних пресів, був професор Прейс Г.О. Деякі особливості роботи і спрацювання деталей олійних пресів розглянуті в роботах Голдовського А.М., Белобородова В.В., Зарембо Г.В., Колпакова І.П., Маслікова В.А., Заїки В.П., Сухенка Ю.Г. та ін. Проте численні питання працездатності і довговічності олійних пресів, підвищення ефективності їх роботи, зносостійкості деталей і конструктивного вдосконалення потребують подальшого дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконувалась у рамках пріоритетного напряму наукових робіт Національного університету харчових технологій "Розроблення наукових основ тепломасообмінних та інших процесів у харчових, мікробіологічних, фармацевтичних виробництвах з метою створення високоефективних технологій, обладнання і засобів механізації та автоматизації" (схвалено Вченою Радою НУХТ, протокол №7 від 24.02.2005р.), плану науково-дослідної роботи кафедри машинобудування, стандартизації та сертифікації обладнання НУХТ за напрямом "Підвищення довговічності деталей обладнання харчових підприємств".

Виконана робота відповідає Закону України "Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки" та пов'язана із Програмою Кабінету Міністрів України 2010р. (проект 4 – "Технологічне та технічне оновлення виробництва").

Метою досліджень є підвищення технічного рівня одного з основних видів обладнання олієжирової промисловості – зерних шнекпресів для вичавлювання олії з рослинної сировини (соняшника, ріпака і т.п.) шляхом поліпшення роботи зерного тракту за рахунок підвищення довговічності деталей і конструктивного вдосконалення.

Для розв'язання поставленої мети сформульовано наступні задачі:

- проаналізувати стан і дати оцінку довговічності деталей зерного тракту шнекпресів;
- виконати аналіз процесів спрацювання деталей шнекпресів в умовах дії середовищ олійного виробництва і розробити фізичну модель спрацювання;
- розглянути умови роботи шнекпреса і, виходячи з них, окреслити шляхи його вдосконалення;
- розробити методи і здійснити аналітичне дослідження роботи вихідного вузла шнекпреса;
- на підставі результатів аналітичного дослідження запропонувати оптимальні конструктивні параметри вихідного вузла шнекпреса;

АННОТАЦИЯ

Ястребы С.П. Повышение эффективности работы и долговечности масляных прессов. - Рукопись.

Диссертация на получение научной степени кандидата технических наук за специальностью 05.18.12 - процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств. Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2012.

Диссертация посвящена повышению эффективности работы и долговечности масляных прессов. Определены основные факторы, обуславливающие ограничение наработки и срок службы деталей зерного тракта преса. Показано, что одним из основных факторов, который определяет эффективность работы прессов, является работа выходящего узла преса. Установлен разный характер и механизм изнашивания деталей зерного тракта: коррозионно-механический - на входном и абразивный вместе с коррозионно-механическим - на выходящем участке преса. В соответствии с этим предложены две физические модели изнашивания для разных участков преса: коррозионно-адсорбционную и абразивную, усугубленную адсорбционным эффектом разупрочнения поверхности с элементами водородного изнашивания.

Разработана методика исследования износостойкости деталей, которая позволяет изучить влияние рабочей среды и условий работы узлов трения (скорости скольжения, удельной нагрузки) на характер и интенсивность изнашивания сталей и коэффициентов трения. Полученные показатели износостойкости и коэффициентов трения целесообразно использовать при проектировании нового и анализе работы существующего пресового оборудования.

Впервые с использованием методов металлографического и электронноспектрального анализов установлены изменения состава вторичных структур на поверхности металлов при трении по рабочей среде масляного производства. Методом ОЖЕ-спектроскопии показано, что сверхтонкие (толщиной до 40-60 нм) поверхностные слои стальных образцов при трении по мезге и макухе обогащаются такими элементами, как Na, Ca, P, Si, которые входят в ее состав.

Предложена математическая модель процесса прохождения дисперсного материала в выходящем отверстии преса. На ее основе разработана методика расчета напряженно-деформированного состояния дисперсного материала в кольцевом зазоре регулировочного устройства методом конечных элементов с использованием программного продукта "Plastic-002", определены и визуализированы напряжения и деформации продукта при продавливании его сквозь выходящий узел преса.

Установлено, что применение термодиффузионной обработки (борирования, хромирования, ионного азотирования) позволяет значительно (почти в 2 раза) повысить наработку на отказ деталей прессов, изготовленных из дешевых углеродистых сталей.

На основании результатов вычислительных экспериментов за многофакторным дробным планом 3^{3-1} решена задача оптимизации геометрических параметров выходящего узла за функцией отзыва радиального давления среды, что позволяет обеспечить повышение долговечности деталей. Предложенная методика решения оптимизационных задач может быть использована для проведения проектировочных расчетов масляных прессов для отжима растительного сырья.

Предложена новая конструкция выходящего (регулирующего) узла шнекпреса, в которой, благодаря использованию вибрации, обеспечивается улучшение

АНОТАЦІЯ

Ястреби С.П. Підвищення ефективності роботи і довговічності олійних пресів. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв. Національний університет харчових технологій, Київ, 2012.

Дисертація присвячена підвищенню ефективності роботи і довговічності олійних пресів. Визначені основні фактори, обумовлюючі обмеження напрацювання і строк служби деталей зєрного тракту преса. Показано, що одним з основних факторів, який визначає ефективність роботи пресів, є робота вихідного вузла преса. Встановлено різний характер і механізм спрацювання деталей зєрного тракту: корозійно-механічний – на вхідній і абразивний разом з корозійно-механічним – на вихідній ділянці преса.

Розроблена методика дослідження зносостійкості деталей, яка дозволяє вивчити вплив робочого середовища і умов роботи вузлів тертя (швидкості ковзання, питомого навантаження) на характер і інтенсивність зношування сталей та коефіцієнт тертя.

Вперше з використанням методів металографічного та електронноспектрального аналізів встановлено зміни складу вторинних структур на поверхні металів при терті по робочому середовищі олійного виробництва. Методом ОЖЕ-спектроскопії показано, що надтонкі (завтовшки до 40-60 нм) поверхневі шари сталевих зразків при терті по мезгі і макусі збагачуються такими елементами, як Na, Ca, P, Si, які входять до її складу.

Запропоновано математичну модель процесу проходження дисперсного матеріалу у вихідному отворі преса. На її основі розроблено методику розрахунку напружено-деформованого стану дисперсного матеріалу в кільцевому зазорі регульовального пристрою методом скінченних елементів з використанням програмного продукту "Plastic-002", визначені і візуалізовані напруження і деформації продукту при протисненні його крізь вихідний вузол преса.

На підставі результатів обчислювальних експериментів за багатофакторним дробовим планом 3^{3-1} вирішено задачу оптимізації геометричних параметрів вихідного вузла за функцією відгуку радіального тиску середовища, що дозволяє забезпечити підвищення довговічності деталей вихідного вузла.

Запропоновано нову конструкцію вихідного (регульовального) вузла шнекпреса, в якій завдяки використанню вібрації забезпечується поліпшення ефективності відтиснення олії і зменшення енерговитрат. На запропоновану конструкцію одержано патент України на корисну модель.

Ключові слова: шнековий прес, вихідний вузол, спрацювання, коефіцієнт тертя, геометричні параметри, напруження, деформації, обчислювальні експерименти, термодифузійна обробка, вібрація.

- дослідити і запропонувати найбільш доцільні методи підвищення довговічності деталей зєрного тракту;

- перевірити ефективність запропонованих рекомендацій по підвищенню довговічності шнекпресів у промислових умовах.

Об'єкт досліджень – ефективність і довговічність роботи олійного шнекпреса.

Предмет дослідження – спрацювання деталей і робота вихідного вузла шнекпреса для вичавлювання олії.

Методи досліджень. Для вирішення окреслених задач в роботі були використані теоретичні і експериментальні методи досліджень. Аналітичне дослідження напружено-деформованого стану дисперсних середовищ, якими є такі середовища олійного виробництва, як мезга, м'ятка, макуха, в зоні вихідного вузла шнекпреса виконувалось на основі положень механіки деформівного тіла. Розв'язання сформульованої задачі пружнов'язкопластичності здійснювали сітковими методами (методом скінченних елементів). Розроблення фізичної моделі спрацювання поверхні деталей у середовищах олійного виробництва здійснювалось з використанням сучасних положень фізико-хімічної механіки контактної взаємодії при терті та зношуванні.

Експериментальна частина досліджень включала:

- вивчення умов роботи деталей зєрного тракту, характеру відмов його деталей і визначення кількісних показників надійності і довговічності;

- експериментальне дослідження зношування матеріалів і покриттів в умовах дії середовищ олійного виробництва з використанням металографічного, мікродюрOMETричного, ОЖЕ-спектроскопічного та інших методів аналізу поверхонь зношування;

- перевірку запропонованих рекомендацій у виробничих умовах.

Обробка експериментальних даних здійснювалась методами математичної статистики, а багатофакторне планування експериментів при вирішенні задач оптимізації виконано за допомогою програми STATISTIKA-6.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

- обґрунтовано вибір і отримані кількісні показники довговічності деталей олійного преса;

- визначено вид і характер спрацювання деталей олійних пресів;

- запропоновано фізичну модель спрацювання деталей зєрного тракту шнекпресів;

- вперше з використанням сіткових методів виконано аналіз роботи вихідного вузла преса;

- запропоновано нові напрямки вдосконалення олійних пресів;

- на запропоноване конструкційне рішення вихідного вузла одержано патент на корисну модель.

Практичне значення одержаних результатів:

- одержані кількісні показники довговічності і зносостійкості можуть бути використані для визначення технічного рівня олійних пресів і обґрунтування термінів ремонтів та розрахунку запасних частин;

- використання досліджених термодифузійних методів підвищення зносостійкості дає можливість на 50-60% (а в деяких випадках до 2 разів) підвищити напрацювання на відмови деталей зєрного тракту;

- результати аналізу проходження продукту крізь вихідний вузол дають можливість вибрати оптимальні геометричні параметри деталей вихідного вузла, що забезпечує підвищення довговічності і зменшення енерговитрат;

- використання запропонованої конструкції вихідного вузла забезпечує підвищення ефективності роботи преса, підвищення довговічності і скорочення енерговитрат.

Експлуатація виготовлених із рекомендованими зносостійкими покриттями деталей преса на ПП "Крол" (м.Полтава) в період із вересня 2005р. по серпень 2007р. підтвердила, що вони за показниками довговічності і зносостійкості переважають аналогічні вироби вітчизняних і закордонних фірм. Сума чистого прибутку від впровадження запропонованих рекомендацій становить 71,7 тис. грн.

Особистий внесок здобувача. Загальний план роботи і програма досліджень складені разом з науковим керівником д.т.н. Некозом О.І. Збирання і аналіз статистичної інформації, розрахунок показників довговічності, експериментальні дослідження зносостійкості на експериментальних стендах, аналіз роботи вихідного вузла преса виконані особисто автором. Розроблення математичної моделі напружено-деформованого стану дисперсного середовища при протисненні його крізь вихідний вузол преса виконано на основі розроблених д.т.н. Штефаном Є.В. інформаційних технологій проектування обладнання та при його допомозі. Основні нові рішення, розробки і висновки, фізична модель спрацювання деталей зерного тракту, обчислювальні експерименти, основне принципове рішення корисної моделі запропоновані і виконані автором.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень доповідались на: XXIV Sympozjon Podstaw konstrukcji Maszyn Białowieża. 14-17 wrzesnia 2009 r.; VI міжнародній науково-практичній конференції "Актуальні проблеми харчування: технологія та обладнання, організація і економіка" Донецьк – Святогорськ. 9-11 вересня 2009 р; 76 науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", -К.: НУХТ, 2010 р.; Міжнародній науково-технічній конференції "Сучасні проблеми трибології", Київ, 19-21 травня 2010 р.;

Міжнародній науково-технічній конференції "Новітні технології, обладнання, безпека та якість харчових продуктів: сьогодення та перспективи", -К.: НУХТ, 27-28 вересня 2010 р.; VII International Conference "Strategy of Quality in Industry and Education" June 3-10, 2011, Varna, Bulgaria; міжвузівському науково-практичному семінарі "Нові технології і обладнання харчових виробництв", Полтава, ПУЕТ, 26 квітня 2012 р.; VIII International Conference "Strategy of Quality in Industry and Education" June 8-15, 2012, Varna, Bulgaria.

Публікації. Основні положення і результати досліджень опубліковані у 12 статтях: із них – 6 статей у фахових наукових журналах та збірниках наукових праць, перелік яких затверджено атестаційною колегією України, 6 тез доповідей на наукових конференціях, за темою дисертації отримано патент України на корисну модель.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, визначено мету роботи та основні задачі дослідження, наведено наукову новизну, практичне значення одержаних результатів, відомості про апробацію роботи та основні публікації.

Основні запропоновані технічні рішення перевірені у виробничих умовах і показали їх ефективність. Загальний економічний ефект від їх реалізації становить 71,7 тис. грн. за один рік.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

- 1 Ястреба С.П., Некоз О.І., Некоз С.О. Використання систем зменшення тертя та зношування в обладнанні харчових виробництв // Наукові праці НУХТ. – К.: НУХТ, 2008. -№24. -С. 54-56.
- 2 Некоз О.І., Ястреба С.П., Шуляк С.О. Спрацювання деталей олійних пресів // Обладнання та технології харчових виробництв. Тематичний збірник наукових праць. - Дон НУЕТ ім. М. Туган-Барановського, 2009. – Вип. 22. С. 101-105.
- 3 Некоз О.І., Ястреба С.П., Шуляк С.О. Дослідження зношування матеріалів олійних пресів // Обладнання та технології харчових виробництв. Тематичний збірник наукових праць. - Дон НУЕТ ім. М. Туган-Барановського, 2009. – Вип. 20. - С. 39-43.
- 4 Некоз О.І., Ястреба С.П., Шуляк С.О. Дослідження зносостійкості деталей олійних пресів // Н-т збірник "Проблеми тертя та зношування". -К.: Вид-во Нац.академії наук України "НАУ-друк"2009. Вип. 52. –С. 128-133.
- 5 Некоз О.І., Штефан Є.В., Ястреба С.П., Шуляк С.О. Оцінка зносостійкості матеріалів олійних пресів // Науково-технічні розробки та інноваційні технології. З видання, доповнене. -К.: НУХТ, 2010. –С. 37-38.
- 6 Прес для відтискання олії. Патент України на корисну модель № 644554. 2011. Бюл. № 21 Некоз О.І., Литвиненко О.А.
- 7 Некоз О.І., Ястреба С.П., Шуляк С.О. Зношування деталей олійних пресів / Тези доповідей (VI міжнародна конференція "Актуальні проблеми харчування: технологія та обладнання, організація і економіка" Донецьк-Святогорськ, 9-11 вересня 2009 р.) -С. 45-46.
- 8 Ястреба С.П., Шуляк С.О., Некоз О.І. Дослідження зносостійкості олійних пресів // Тези доповідей (76 конференція молодих вчених). -К.: НУХТ, 2010.-С. 83.
- 9 Ястреба С.П., Некоз О.І., Шуляк С.О. Зношування деталей олійних пресів // Тези доповідей (Сучасні проблеми трибології) –К.: ІВЦ АЛКОН НАНУ. -2010. – С. 114.
- 10 Ястреба С.П., Шуляк С.О., Некоз О.І. Дослідження зношування деталей зерного тракту шнекпресів // Тези доповідей міжнародної науково-технічної конференції ("Новітні технології обладнання, безпека та якість харчових продуктів: сьогодення та перспективи") -К.: НУХТ, 2010. - ч. 1. -С.79.
- 11 Шуляк С.А., Ястреба С.П., Некоз А.И. Износостойкость деталей прессов для семян подсолнечника // Материалы (VII International Conference "Strategy of Quality in Industry and Education"), Varna Procudings, 2011.-Volume 3. S. 331-333.
- 12 Некоз О.І., Ястреба С.П. Довговічність деталей олійних пресів // Матеріали міжвузівського науково-практичного семінару "Нові технології і обладнання харчових виробництв", Полтава: ПУЕТ, 2012.- С.25-26.
- 13 Некоз О.І., Штефан Є.В., Ястреба С.П., Шуляк С.А. Аналітичне дослідження роботи вихідного вузла олійного преса // Материалы VIII Международной конференции "Стратегия качества в промышленности и образовании", Варна, Болгария, 2012.- Том 1. С.105-108.

ВИСНОВКИ

За підсумками виконаної роботи, головною метою якої є підвищення ефективності роботи і довговічності олійних пресів, одержані такі основні результати:

1 На підставі всебічного аналізу науково-технічної інформації і вивчення умов роботи і спрацювання деталей олійних пресів визначені основні, обумовлюючі обмеження напрацювання і строк служби, фактори і їх параметри. Показано, що одним з основних чільників, визначаючих ефективність роботи пресів, є робота вихідного вузла преса.

2 Встановлено різний характер і механізм спрацювання деталей зерного тракту преса: корозійно-механічний – на вхідній і абразивний разом з корозійно-механічним – на вихідній ділянці преса.

У відповідності з цим запропоновано дві фізичні моделі спрацювання для різних ділянок преса: корозійно-адсорбційну і абразивну, ускладнену адсорбційним ефектом знеміцнення поверхні з елементами водневого зношування.

3 Розроблена методика дослідження зносостійкості дозволила вивчити вплив робочого середовища і умов роботи вузлів тертя (швидкості ковзання, питомого навантаження) на характер і інтенсивність зношування сталей та коефіцієнт тертя. Одержані показники зносостійкості та коефіцієнтів тертя доцільно використовувати при проектуванні нового та аналізі роботи існуючого пресового обладнання.

4 Вперше з використанням методів металографічного та електронноспектрального аналізів встановлено зміни складу вторинних структур на поверхні металів при терті по робочому середовищі олійного виробництва. Методом ОЖЕ-спектроскопії показано, що надтонкі (завтовшки до 40-60 нм) поверхневі шари сталевих зразків при терті по мезгі і макусі збагачуються такими елементами, як Na, Ca, P, Si, які входять до складу середовищ.

5 Запропоновано математичну модель процесу проходження дисперсного матеріалу у вихідному отворі преса. На її основі розроблено методику розрахунку напружено-деформованого стану дисперсного матеріалу в кільцевому зазорі регульовального пристрою. Методом скінченних елементів з використанням програмного продукту "Plastic-002" визначені і візуалізовані напруження і деформації продукту при протисненні його крізь вихідний вузол преса.

6 Встановлено, що застосування термодифузійної обробки (борування, хромування, іонного азотування) дозволяє значно (майже в 2 рази) підвищити напрацювання на відмови деталей пресів, виготовлених з дешевих вуглецевих сталей. Суттєвого підвищення довговічності деталей пресів можна досягти при виготовленні їх з хромистих сталей (типу 20X13) з наступною цементацією і термообробкою.

7 На підставі результатів обчислювальних експериментів за багатофакторним дробовим планом 3^{3-1} вирішено задачу оптимізації геометричних параметрів вихідного вузла за функцією відгуку радіального тиску середовища, що дозволяє забезпечити підвищення довговічності деталей вихідного вузла. Запропонована методика вирішення оптимізаційних задач може бути використана для проведення проектувальних розрахунків олійних пресів.

8 Запропоновано нову конструкцію вихідного (регульовального) вузла шнекпреса, в якій завдяки використанню вібрації забезпечується поліпшення ефективності відтиснення олії і зменшення енерговитрат. На запроповану конструкцію одержано патент України на корисну модель.

У першому розділі наведено аналіз науково-технічної інформації із зазначеної проблеми підвищення ефективності роботи і довговічності олійних шнекпресів. Приведено огляд особливостей конструкцій і роботи олійних пресів. Показано, що проблема забезпечення зносостійкості деталей є однією з першочергових при експлуатації олійних пресів. На підставі аналізу відомих досліджень науковців і виробників обґрунтовано, що основним елементом, який визначає основні характеристики процесу вичавлювання олії, енерговитрати, показники надійності і довговічності, є вихідний вузол преса (рис. 1). Саме в кінці зерної камери і регульовальному пристрої мають місце найбільші напруження та деформації і спостерігається найбільш інтенсивне спрацювання деталей преса.

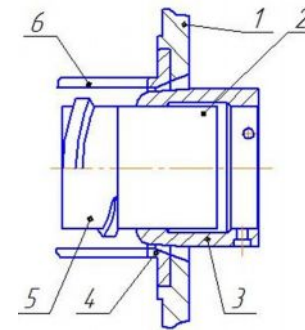


Рис.1. Схема типового вихідного вузла преса:

1 – корпус преса; 2 – втулка на валу преса (вал не показано); 3 – конус; 4 – вихідний фланець; 5 – ланка шнека №7; 6 – планка зерного циліндра.

переміщень дисперсних часток мезги шляхом введення в середовище енергії механічних коливань.

На підставі виконаного аналізу літературних джерел, тривалих експлуатаційних спостережень, узагальнення виробничого досвіду доведено, що проблема вдосконалення та поліпшення роботи вихідного вузла, підвищення зносостійкості деталей зерного тракту є визначальною для досягнення мети роботи, а також окреслені задачі досліджень.

Другий розділ дисертації присвячено методичним аспектам проведення досліджень, які включали:

- вивчення умов роботи, аналіз відмов та характеру спрацювання деталей шнекпресів;
- обчислювальні експерименти з метою аналізу напруженого стану, визначення напружень і деформацій оброблюваного матеріалу у вихідному вузлі преса сітковими методами;
- вивчення процесів зношування та експериментальне визначення зносостійкості матеріалів і покриттів при терті в середовищах олійного виробництва на розробленому стенді (рис. 2);

- розроблення конструктивно-технологічних рішень, націлених на підвищення ефективності роботи і довговічності олійних пресів, та перевірка їх у виробничих умовах.

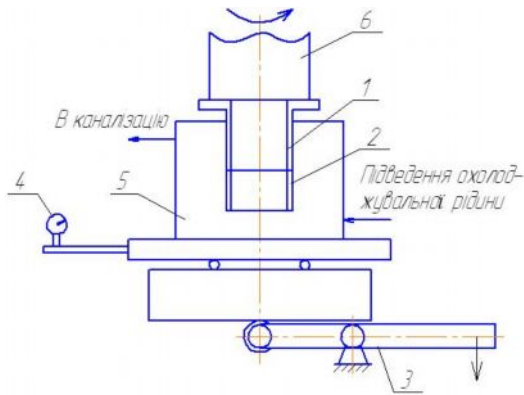


Рис.2. Схема експериментального стенду для дослідження зносостійкості матеріалів при терті в середовищах олійного виробництва:
1 - досліджуванний зразок;
2 - контртіло;
3 - важіль; 4 - динамометр ДОСМ-3-02; 5 - камера охолодження;
6 - шпиндель.

Дослідження спрацювання деталей і експериментальних зразків включали: аналіз складу та структури матеріалів; визначення їхніх механічних характеристик; макро- і мікроскопічний аналіз поверхонь тертя і поверхневих шарів. Для вирішення зазначених питань використовували, крім традиційних методів і засобів визначення фізико-механічних характеристик матеріалів, мікроскопічного і мікродюрOMETричного аналізів (мікроскопи МБС-2, МИМ-7, МИС-11, твердоміри ТК-2, ТП-2, мікротвердомір ПМТ-3 та ін.), сучасні засоби електронноспектроскопії.

Оцінка надійності включала збирання даних про відмови деталей зєсрного тракту, встановлення емпіричного та теоретичного законів розподілу за допомогою математичного редактора MathCAD.

Аналітичне дослідження напружено-деформованого стану дисперсного середовища при протисненні його крізь вихідний вузол преса здійснювали сітковими методами з використанням програмного продукту "PLASTIC-002". Багатофакторне планування експериментів при визначенні оптимальних геометричних параметрів вихідного вузла виконано за допомогою програми STATISTIKA-6.

У **третьому розділі** наведено результати аналізу умов роботи та процесів спрацювання деталей олійних пресів. Узагальнено дані спостережень про відмови деталей зєсрного тракту і причини їхнього виникнення. Аналіз відмов засвідчив, що зупинки пресів на ремонт обумовлені в основному поступовими відмовами через спрацювання деталей зєсрного тракту. При цьому встановлено, що напрацювання на відмову підлягає нормальному розподілу.

Для оцінки спрацювання деталей зєсрного тракту були вибрані такі величини:

- для зєсрних планок – лінійне спрацювання (зменшення товщини планок);
- для зєсрних ножів – заокруглення крайків;
- для проміжних кілець регулювального конуса – зменшення діаметра;
- для витків шнека – заокруглення крайків по нитці шнека (ширина фаски).

Проведені дослідження характеру спрацювання деталей пресів (шнека, планок зєсра і зєсрних ножів) показали, що експлуатаційна шорсткість робочих поверхонь цих

обчислювального методу дослідження напружено-деформованого стану продукту (макухи) при протисненні його крізь вихідний вузол був виконаний дробовий факторний експеримент виду 3^{3-1} . Змінними геометричними параметрами вихідного вузла (факторами) були вибрані: α – кут регулювального конуса, l – довжина шийки вихідного фланця, δ – ширина кільцевого зазору. За функцію відгуку була вибрана величина максимального радіального напруження σ_r^{max} на початку конусної частини вузла (точка δ на рис. 9). Величини σ_r^{max} визначали за результатами обчислювальних експериментів за розробленою методикою. Результати обчислень (рис. 12) дозволили визначити найбільш раціональні величини геометричних параметрів вихідного вузла, за яких радіальні напруження σ_r^{max} на контактних поверхнях, а відтак і сили тертя, найменші і які забезпечують підвищення довговічності деталей вузла на 10-15%.

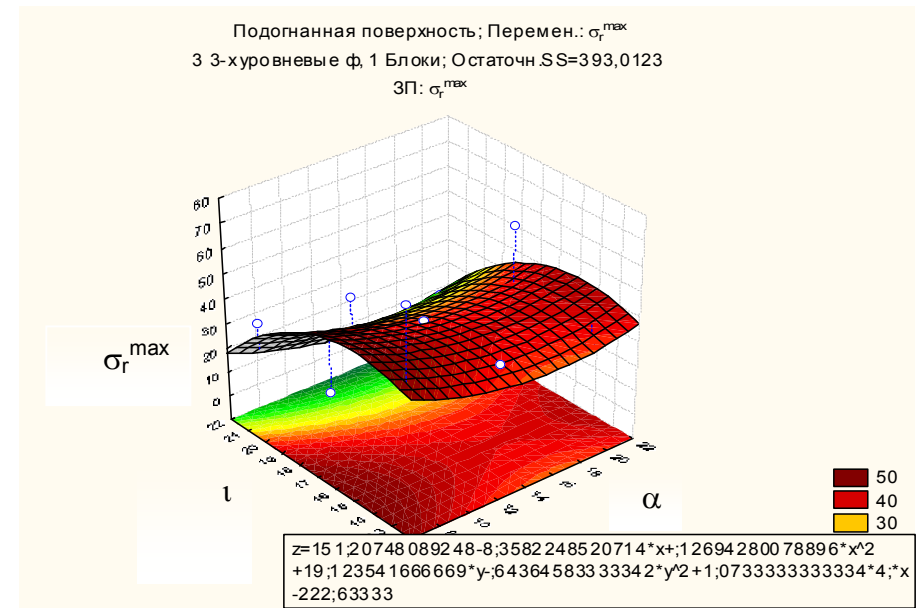


Рис.12. Поверхня відгуку і рівняння регресії $\sigma_r^{max}(\alpha, l)$.

Одним з методів підвищення ефективності різноманітних процесів у харчовій, переробній, хімічній та інших галузях виробництва є введення в робочу зону апаратів енергії механічних коливань. Проте існуючі конструкції пресів не забезпечують накладання вібрації в середовище саме на виході з преса, де діють найбільші навантаження. У роботі запропонована нова конструкція вихідного вузла преса з використанням гідропласту, в якій енергія коливань вводиться в середовище саме у вихідній частині преса – в регулювальному вузлі.

Візуалізація числового рішення задачі програмою «Plastic-002» у вигляді розподілу, радіальних напружень σ_r , наведена на рис. 11.

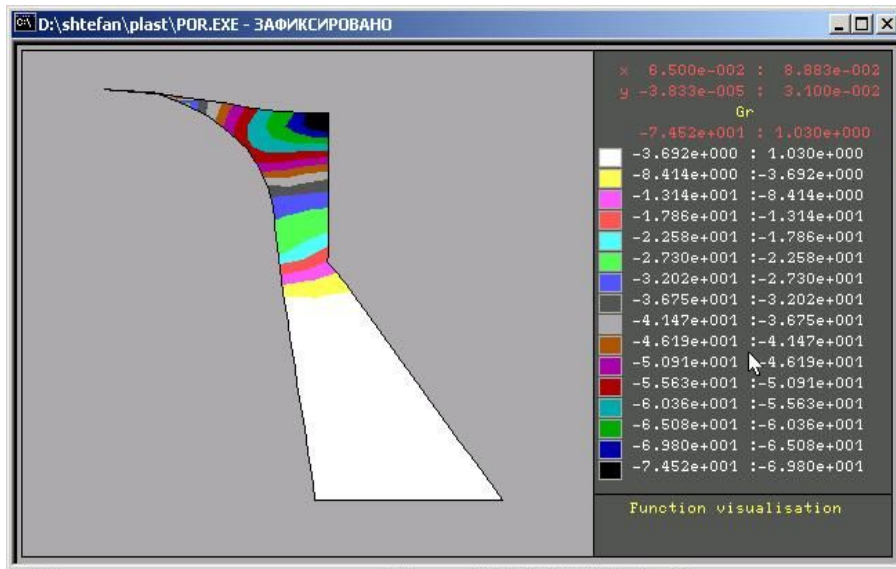


Рис.11. Розподіл радіальних напружень σ_r в макусі при протисненні кризь вихідний вузол.

Виконання обчислень за запропонованою методикою забезпечує можливість здійснити аналіз силового навантаження на елементи вихідного вузла, а відтак – надійність і довговічність. Одержані результати засвідчують також перспективність використання запропонованої методики для дослідження взаємозв'язку між конструкційними параметрами вихідного вузла преса та технологічними характеристиками процесу пресування.

У **шостому розділі** розглянуті основні перспективні напрямки підвищення ефективності роботи олійних пресів.

Одним з найбільш ефективних методів підвищення технічного рівня обладнання є забезпечення високої надійності та довговічності обладнання, які, в свою чергу, обумовлені показниками зносостійкості деталей. Найбільш доцільними для підвищення зносостійкості деталей пресів представляються термодифузійні покриття, а саме насичення поверхневих шарів вуглецем, хромом, бором та азотом.

Проведені експериментальні дослідження та виробничі випробування довели, що застосування термодифузійного борування, іонного азотування та виготовлення деталей пресів з корозієстійких цементованих сталей типу 20Х13 забезпечує майже двократне підвищення напрацювання деталей пресів на відмови.

З метою визначення оптимальних геометричних параметрів вихідного вузла, при яких на вхідній частині регульовального конуса будуть діяти найменші контактні навантаження, а відтак і менше спрацювання, на основі запропонованого

деталей, які контактують з робочим середовищем, залежить від місця розташування деталей по довжині преса. Якщо шорсткість поверхонь витків шнека, зерсних планок, ножів, проміжних втулок на початку відтискання після припрацювання і тривалої експлуатації знаходиться в межах R_a 0,3...0,6 мкм, то робочі поверхні останнього витка, вихідного фланця і конуса мають показники шорсткості R_a 1,2...5 мкм (рис. 3).

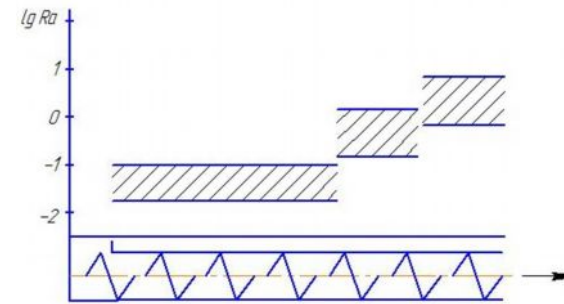
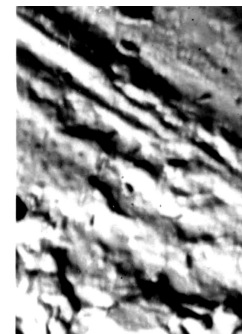


Рис. 3 Розподіл шорсткості поверхонь деталей зерсного тракту по довжині преса.

відносно невеликих питомих навантажень (до 5МПа) і щільному відтисненні олії, відбувається за умови прояву зовнішнього адсорбційного ефекту П.А.Рєбіндера, шляхом утворення і видалення з поверхні тертя адсорбційних (а також хемосорбційних) шарів і плівок продуктів корозії і таку модель можна назвати корозійно-адсорбційною.



а



б

Рис. 4
Спрацьовані поверхні деталей преса:
а – поверхня зерсного ножа на вхідній частині преса (х 4600);
б – поверхня вихідного фланця (х 4)

За умов, в яких працюють деталі вихідної частини преса, а саме: зростання на порядок величин радіального тиску, відсутності щільного витікання з мезги олії, більшої міцності і твердості середовища (макухи), підвищеної температури на поверхнях тертя, змінюється сам характер спрацювання (рис. 4б). У таких умовах тверді сторонні частинки, які хоч і в незначній кількості наявні в складі сировини, а також частинки продуктів спрацювання не занурюються повністю в макуху, а лише частково, і закріплюються в ній, тобто має місце ефект шаржирування, і відбувається

абразивне зношування по закріпленому абразиву, що підтверджується мікроскопічним аналізом поверхонь.

Взаємодія між собою утворених при цьому поверхневих тріщин спричинює послідовне відділення частинок поверхневого шару. При цьому руйнування і відділення продуктів зношування при появі тріщин від дії абразивних частинок полегшується проявом внутрішнього адсорбційного ефекту знеміцнення П.А.Рабіндера, а також водневим окрихненням внаслідок виділення водню при можливих трибохімічних реакціях.

У **четвертому розділі** наведені результати дослідження зносостійкості сталей, які найбільш поширені для виготовлення деталей зєрного тракту при різних швидкостях ковзання, питомих навантаженнях та матеріалах контргіла (пресована лузга, макуха та макуха з додаванням 10% м'ятки).

Враховуючи, що ефективність роботи преса (енерговитрати, виробність, ступінь вичавлювання олії) в значній мірі визначаються силами тертя між робочим середовищем і поверхнею деталей, при дослідженні зносостійкості різних сталей на експериментальному стенді (рис.2) одночасно із лінійним спрацюванням зразків визначали момент сил тертя і через нього коефіцієнт тертя. Одержані показники коефіцієнтів тертя зразків при терті по середовищах олійного виробництва можуть бути використані при проектних розрахунках виробності і потужності олійних пресів. Встановлено, що коефіцієнт тертя збільшується при зростанні питомого навантаження і зменшується при збільшенні швидкості ковзання.

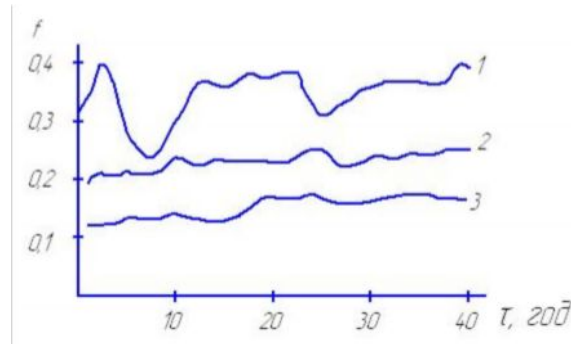


Рис.5. Кінетичні залежності коефіцієнта тертя f сталі 45 в середовищах олійного виробництва при питомому навантаженні 8,5 МПа і швидкості ковзання 0,15 м/с: 1 – по лузгі; 2 – по макусі; 3 – по макусі з додаванням 10% м'ятки.

Найбільші величини коефіцієнта тертя (для сталі 45) зафіксовані при терті по лузгі і найменші – при терті по макусі з додаванням м'ятки (рис. 5). Значні коливання коефіцієнта тертя в часі обумовлені, в першу чергу, динамікою утворення вторинних структур на поверхні робочого зразка.

Встановлено, що із збільшенням питомого навантаження від 4 до 8,5 МПа при швидкостях ковзання до 0,2 м/с інтенсивність спрацювання при терті по макусі зростає в 2...2,5 рази. При збільшенні швидкості ковзання до 0,4 м/с інтенсивність спрацювання зростає більш суттєво (в 4-5 разів), що обумовлено зміною характеру зношування у відповідності із запропонованими фізичними моделями спрацювання деталей пресів.

Мікроскопічний аналіз кінетики поверхневих змін зразків в умовах випробувань при питомому навантаженні 2 МПа, яке відповідає умовам роботи перших витків преса, засвідчує, що на початковому етапі спрацювання на ділянках поверхонь тертя

$\{n\}$ – вектор нормалі до поверхні Ω_2 .

При аналізі процесу протиснення продукту (макухи) крізь вихідний вузол преса (рис.9) прийнято, що під дією тиску P , який розвивається шнеком на виході з робочої камери і рівномірно розподілений на вході в кільцевий зазор регулювального пристрою, відбувається деформування і ущільнення макухи в цьому зазорі.

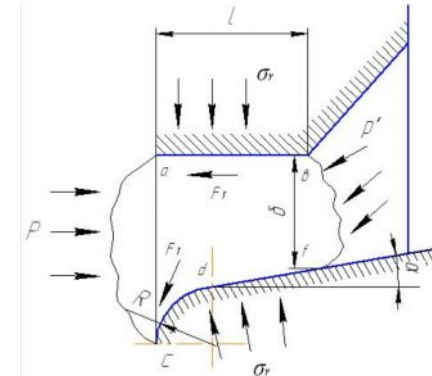


Рис.9. Схема протиснення продукту у вихідному вузлі преса і задання граничних умов.

Вважаючи, що прилипання (адгезія) продукту (макухи) до поверхні деталей вихідного вузла відсутнє, деформація його залежить від сил тертя по контактних поверхнях:

$$F_m = \mu \cdot \sigma_r \cdot S, \quad (9)$$

де μ - коефіцієнт тертя; S - площа контактної поверхні; σ_r - напруження, які виникають у пристінному шарі матеріалу по нормалі до контактної поверхні.

При обчисленні вихідну область апроксимували скінчено-елементною моделлю у вигляді сукупності трикутних елементів із заданою кількістю вузлів (рис.10).

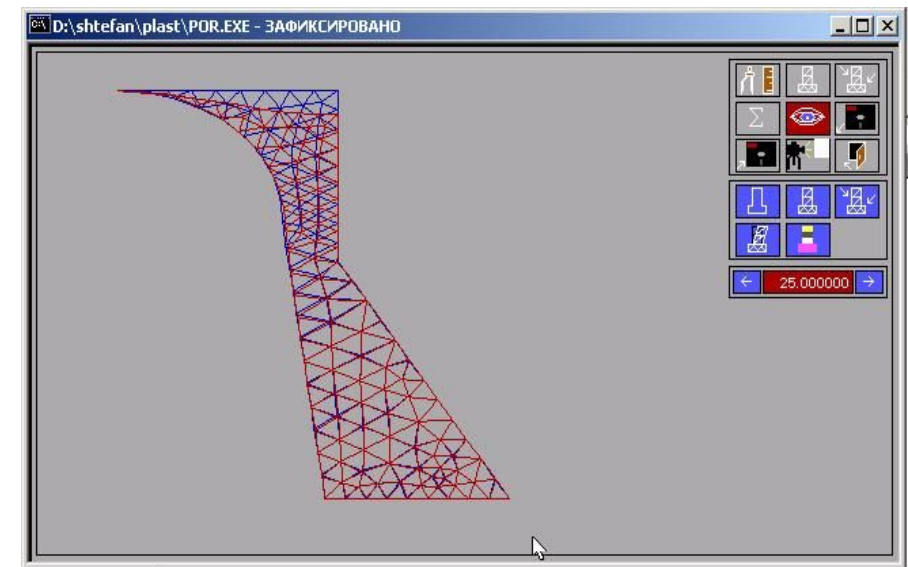


Рис.10. Вихідна скінченоеlementна модель вихідного вузла.

Математична модель ґрунтується на припущенні, що деформація матеріалу в об'ємі V відбувається за рахунок зміщення і деформації окремих структурних складових.

Граничні умови, виходячи з яких визначається силове навантаження в довільній точці X об'єму V , представлені так:

- на граничній поверхні Ω_1 задані швидкості

$$\nabla|_{\Omega_1} = \nabla(x); \quad (2)$$

- на граничній поверхні Ω_2 задані зусилля:

$$\bar{P}|_{\Omega_2} = \bar{P}(x). \quad (3)$$

Рівняння рівноваги і нерозривності матимуть, відповідно, наступний вигляд:

$$\sigma_{ik,k} + \rho \bar{F}_i = 0; \quad (4)$$

$$\ln \rho + \operatorname{div} \bar{U} = 0, \quad (5)$$

де σ_{ik} – тензор напружень;

U і F – вектори напружень і зусиль, відповідно;

ρ – густина матеріалу.

Кінематичні залежності в тих же точках мають вигляд:

$$\varepsilon_{ik} = \frac{1}{2}(\dot{U}_{ik} + \dot{U}_{ki}), \quad (6)$$

де $\dot{\varepsilon}_{ik}$ – тензор швидкості деформації, відповідно;

U_{ik}, U_{ki} – швидкості переміщень.

Одночасно швидкості деформацій $\dot{\varepsilon}_{ik}$ представляються у адитивному вигляді:

$$\dot{\varepsilon}_{ik} = \dot{\varepsilon}_{ik}^e + \dot{\varepsilon}_{ik}^j, \quad (7)$$

де $\dot{\varepsilon}_{ik}^e, \dot{\varepsilon}_{ik}^j$ – відповідно, пружна та непружна складові тензора швидкості деформацій.

Процес деформації дисперсних середовищ олійного виробництва (м'ятка, мезга, макуха) у вихідному вузлі преса можна розглядати, виходячи з пружнов'язкопластичної моделі деформованого тіла, як релаксацийний процес, при якому напруження σ_{ik} представлені сумою пластичної σ_{ik}^p і в'язкої σ_{ik}^η складових:

$$\sigma_{ik} = \sigma_{ik}^p + \sigma_{ik}^\eta.$$

Для проведення обчислень сітковими методами використано варіаційне рівняння рівноваги у вигляді функціоналу:

$$\int_V (\nabla[\sigma]) \{\delta \bar{U}\} dV + \int_V \{F\}^T \{\delta \bar{U}\} dV - \int_{\Omega_2} \{n\}^T [\sigma] \{\delta \bar{U}\} d\Omega + \int_{\Omega_2} \{p\}^T \{\delta \bar{U}\} d\Omega = 0 \quad (8)$$

де $\nabla = \frac{\partial}{\partial x_i}$ – набла-оператор;

проявляються сліди пластичної деформації мікроскопічних поверхневих шарів, які зазнають також адсорбційної та хімічної дії середовища контртіла.

Надтонкі поверхневі шари набувають рухливості, переміщуються і видаляються з поверхні при багатократному пластичному передерформуванні. В подальшому з'являються окремі ділянки руйнування вторинних структур і відбувається видалення їх з поверхонь тертя.

При більших питомих навантаженнях, характерних для деталей вихідного вузла, характер зношування змінюється: на поверхні з'являються явно видимі риси, подряпини, утворені шаржированими твердими частинками та продуктами зношування, в основному частинками зруйнованих оксидів. Із збільшенням швидкості ковзання риси, подряпини стають ширшими, глибшими. Тобто збільшується частка абразивного зношування у відповідності із запропонованою моделлю спрацювання деталей вихідної частини преса.

Для більш повного вивчення процесів, які мають місце при спрацюванні деталей пресів, був проведений електронноспектральний аналіз поверхонь тертя робочих зразків на ОЖЕ – мікросонді JAMP-9500F японської фірми GEO. Дані ОЖЕ-спектроскопії (рис. 6) вихідної поверхні зразків, а також наведені в таблиці 1 узагальнені результати енергодисперсійного аналізу, засвідчують, що хімічний склад реальної поверхні металевих зразків внаслідок адсорбції, хемосорбції і дифузії атомів зовнішнього середовища суттєво відрізняється від складу самих зразків. Ще більш суттєві зміни складу поверхневих шарів відбуваються при терті за наявності поверхнево- та хімічно-активних складових середовищ олійного виробництва.

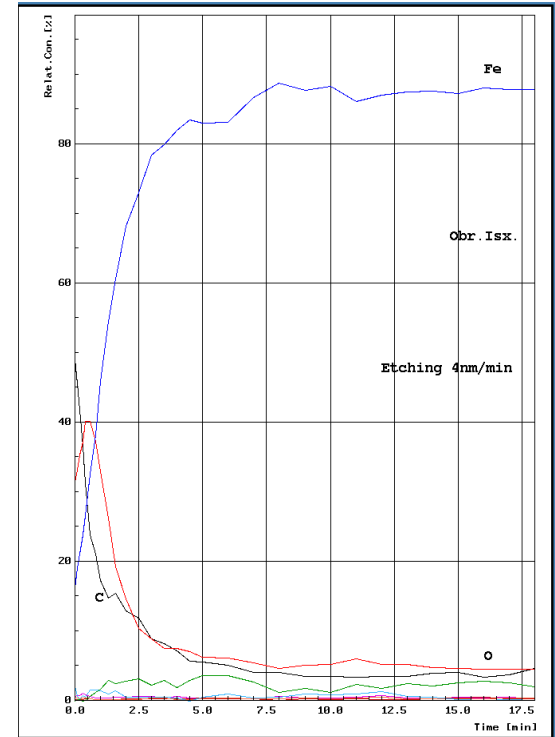


Рис. 6. ОЖЕ-спектроскопія вихідної поверхні по глибині (швидкість травлення 4 нм/хв).

Результати енергодисперсійного аналізу вихідної поверхні

Елементи	Вміст елементів, %			
	До травлення		Після травлення	
	Масовий	Атомний	Масовий	Атомний
C	2,25	8,97	1,5	6,24
N	0,32	1,10	0,24	0,86
O	2,74	8,22	2,15	6,73
Fe	94,19	80,86	96,11	86,17

На електронних мікрофотографіях зразків після тертя по макусі крім рисок від попередньої обробки, з'являються подряпини і риски від твердих часток середовища і продуктів зношування (рис.7).

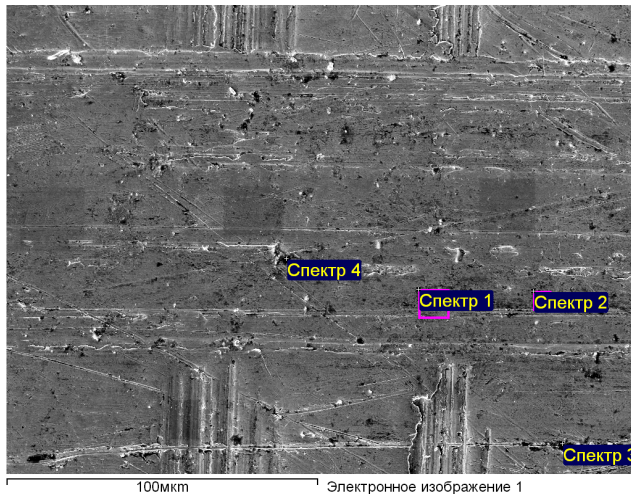


Рис.7. Електронна мікрофотографія спрацьованої поверхні з позначенням ділянок, на яких здійснювалась спекторметрія.

Результати енергоємисійної спекторметрії спрацьованої поверхні при терті по макусі (спектри на рис.7)

Елементи	Вміст елементів, % масові			
	Темні ділянки		Загальна поверхня тертя	
	Спектр 3	Спектр 4	Спектр 1	Спектр 2
C	15,3	23,69	3,98	2,74
N	2,7	7,41	0,17	0,50
O	16,49	12,01	3,15	3,69
Na	0,18	0,41	0,07	0,00
Si	0,53	0,44	0,25	0,21
P	0,58	0,45	0,67	0,45
Ca	6,37	3,42	0,00	0,00
Fe	57,86	52,17	91,71	92,41

Таблиця 1.

Результати енергоємисійного аналізу засвідчують (табл. 2) відчутну різницю у складі вторинних структур на темних і світлих ділянках поверхні тертя і продуктів зношування.

На світлих ділянках майже відсутній вміст таких елементів, як Na, Ca, N і за вмістом заліза вони наближаються до складу зразків. Водночас темні ділянки вторинних структур відрізняються дуже високим вмістом C,N,O і, особливо, Na і Ca, які входять до складу робочого середовища (макухи, олії). Після іонного травлення склад всіх ділянок поверхні тертя майже вирівнюється і наближається до складу вихідної поверхні.

Характер зміни хімічного складу надтонких (товщиною 40...60нм) поверхневих шарів засвідчують результати ОЖЕ – спектроскопії (рис.8)

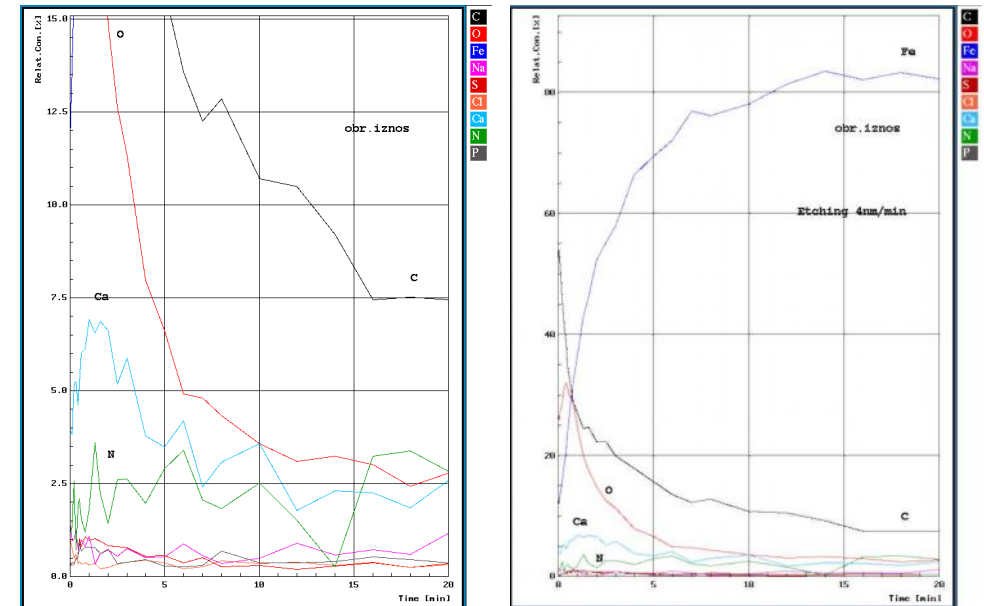


Рис.8. Результати ОЖЕ-спектрального аналізу по глибині поверхні тертя.

П'ятий розділ присвячено дослідженню роботи вихідного вузла шляхом створення математичної моделі і результатам обчислювальних експериментів з використанням сіткових методів.

При створенні математичної моделі протиснення продукту (макухи) крізь зазор між вихідним фланцем і регулювальним конусом розглядається деформування довільного об'єму дисперсного матеріалу V з граничною поверхнею Ω , в якому частина об'єму V_1 зайнята твердою фазою з граничною поверхнею Ω_1 , а частина V_2 – рідкою фазою з граничною поверхнею Ω_2 , тобто:

$$V=V_1+V_2; \Omega=\Omega_1+\Omega_2. \quad (1)$$