

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

*На правах рукопису*

УДК 682.004.18:658.011.47

**ЖУКОВСЬКА ІРИНА ІВАНІВНА**

**РОЗРОБКА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ  
ВИРОБНИЦТВА ШВЕЙНИХ ВИРОБІВ НА ОСНОВІ  
ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ФУНКЦІОНАЛЬНО-  
ВАРТІСНОГО АНАЛІЗУ**

Спеціальність 05.19.04 - технологія швейних виробів

**Автореферат**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Київ - 1996

087.7  
Дисертація є рукописом

Робота виконана в Державній академії  
промисловості України

АВ 36.644  
ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00760948 (Y)

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор, академік АНТУ

Березненко Микола Петрович

Офіційні опоненти - доктор технічних наук, професор

Іспірян Георгій Павлович

кандидат технічних наук, доцент

Орлова Сталіна Ігорівна

Провідна організація - Хмельницький університет "Поділля"

Захист дисертації відбудеться "22" січня 1997р. о 10 годині на засіданні спеціалізованої Ради Д 01.17.02 в Державній академії легкої промисловості України за адресою: 252011, м.Київ -11, вул.Немировича-Данченко, 2.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Державної академії легкої промисловості України.

Автореферат розіслано "21" грудня 1996 року.

Вчений секретар спеціалізованої ради

доктор технічних наук, професор

Коновал В.П.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В умовах спаду виробництва, енергетичної кризи, різкого подорожчення енергоносіїв, надзвичайно актуальною стала проблема економії всіх видів ресурсів - трудових, матеріальних, енергетичних.

Розглядаючи швейне виробництво, як самостійну економічну систему енергоспоживання, слід відзначити, що складова енергії, яка використовується на технологічні цілі, сягає 35%, із якої біля 80% припадає безпосередньо на процеси виготовлення одягу. Показово, що серед основних споживачів енергії швейне обладнання посідає друге, після волого-теплового обладнання, місце, а при виготовленні деяких видів продукції воно навіть домінує.

Раніше виконані дослідження та практика експлуатації цього виду обладнання свідчать про надзвичайно низьку ефективність використання енергії, особливо в режимі холостого ходу ( $\cos\phi = 0,18-0,24$ ,  $Q\phi = 467\text{Var.}$ ). Основними причинами цього являється принижена роль енергетичної складової в собівартості продукції, яка нещодавно не перевищувала 0.2%, відсутність доступної для споживача методики оцінки енергомісткості продукції на різних етапах її створення, та організаційно-технологічні вади при формуванні структури трудових витрат (умови комплектування організаційних операцій, рівень спеціалізації, коефіцієнт завантаження обладнання та інші).

Показово, що при виготовленні швейних виробів складова машинного часу не перевищує 20%, а основна доля нерационального використання енергії припадає на роботу приводу швейних машин в режимі холостого ходу.

Все це свідчить про актуальність пошуку можливостей зменшення витрат енергії на різних етапах виготовлення одягу, в тому числі за рахунок зменшення трудових витрат, що знайшло своє відображення в роботі.

Другим важливим елементом підвищення ефективності використання енергії являється пошук раціональних режимів живлення електроприводів швейних машин в режимах робочого та холостого ходу, та створення засобів

ЛІБЕ В. В. Серафимка  
АН Країна

для їх реалізації. Це дає можливість оптимізувати основні енергетичні характеристики роботи обладнання ( $\cos\phi$ ,  $Q_{\phi}$ ,  $I_{\phi}$ ) незалежно від характеру виконуваної операції та співвідношення часу робочого і холостого ходу та розробити на цій основі доступну для виробника методику оцінки енергомосткості продукції. В даній роботі цій проблемі також приділяється належна увага.

Все вищезгадане, а також нове ставлення до питання енергозбереження, яке знайшло своє відображення в Національній Програмі енергозбереження та в Програмі розвитку легкої промисловості на період до 2000 року, свідчить про актуальність досліджень.

**Мета і завдання досліджень.** Основна мета полягає в дослідженні та розробці енергозберегаючої технології виробництва одягу.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані та вирішені такі основні задачі:

- виявлення факторів, впливаючих на рівень трудових та енергетичних витрат та пошук шляхів зменшення витрат виробництва швейних виробів;
- розробка методики та комплексна оцінка структури трудових і енергетичних витрат на різних рівнях функціонування системи виробництва відомчого одягу з використанням методів функціонально-вартісного аналізу (ФВА);
- оптимізація функцій технологічного процесу виготовлення одягу та виявлення “вузьких місць” на різних етапах їх виготовлення;
- теоретичні і експериментальні дослідження особливостей роботи приводу швейних машин та підвищення його енергетичної добротності в режимах робочого та холостого ходу;
- формалізація процесів енергоспоживання при різних режимах експлуатації обладнання;
- розробка методики оперативної оцінки енергомосткості виготовлення одягу і економічна оцінка результатів досліджень.

Об'єктами досліджень є: вироби відомчого призначення, система енергоспоживання швейних ділянок виробництва та її елементів, включаючи швейне обладнання. Предмет дослідження - вивчення взаємозв'язків між енергетичними і трудовими затратами на різних етапах виготовлення одягу.

Методи та засоби досліджень.

Вирішення перелічених задач в даній роботі виконано з використанням теорії систем, методів функціонально-вартісного аналізу, математичної статистики.

Наукова новизна. До основних результатів, котрі, на думку автора, мають наукову новизну і виносяться на захист, належать:

1. Вперше представлена комплексна оцінка процесів виготовлення одягу на різних рівнях системи швейного виробництва з оптимізацією функцій по показниках ваги витрат на основі використання методів ФВА.

2. Доказано, що на базі побудови функціонально-вартісної діаграми по груповим функціям можливо реально оцінювати складові витрат часу при роботі обладнання в режимах робочого і холостого ходу, що являється складовою при формуванні математичної моделі для визначення показників витрат енергії при експлуатації машинних комплексів.

3. Вперше на базі аналітичних і фізичних експериментів обґрунтований раціональний рівень поживної напруги приводу швейних машин при різних режимах експлуатації.

4. Отримана аналітична модель роботи асинхронного двигуна швейної машини на основі якої здійснена формалізація процесів енерговитрат.

5. Вперше на основі аналітичних і фізичних експериментів, результатів ФВА розроблені методика, алгоритм і програма оперативної оцінки енергомосткості виготовлення одягу орієнтованих на використання ПЕОМ.

6. За участю автора розроблений і пройшов виробничі випробування пристрій для автоматичного керування фазною напругою при роботі машинних

комплексів в різних режимах експлуатації. Подібні пристрої можуть бути використані в інших галузях легкої промисловості.

**Новизну отриманих результатів підтверджено:** аналітичні вирази по оцінці роботи асинхронного двигуна в режимі холостого та робочого ходу підтверджено експериментально і використовуються для оцінки енергомісткості швейних виробів.

**Практичне значення досліджень** визначається виявленням причин та шляхів зниження трудових і енергетичних витрат на різних рівнях функціонування швейного виробництва на основі використання методів ФВА. Запропонована методика оцінки значення і витрат при функціонуванні окремих елементів системи виробництва одягу дозволяє підприємствам виявляти “вузькі місця” на етапах конструювання виробів, проектування технологічних процесів, включаючи визначення величин основного і допоміжного часу на машинних операціях та вносити відповідні корективи. Запропонована методика превентивної оцінки енергомісткості промислової продукції дозволяє завчасно оцінювати по критерію енерговитрат ефективність проектно-конструкторської та технологічної підготовки підприємства при запуску нових моделей одягу, а використання пристрою для фазного регулювання величини напруги в режимах робочого та холостого ходу обладнання, забезпечує менший рівень коефіцієнта потужності  $\cos\phi$  та реактивної потужності  $Q_{\phi}$  незалежно від характеру виконуваної операції.

**Рівень впровадження наукових розробок.** Методика розрахунку енерговитрат і пристрій для регулювання фазної напруги на вході електроприводу швейних машин були опробовані на АТ “Дана” і отримали схвалений відгук. Економічний ефект при впровадженні пристрою в потоці по виготовленню відомчих курток потужністю 110 одиниць в зміну складе 1500 условних одиниць. При цьому термін повернення витрат на один пристрій не перевищує 2 місяці, а на зекономленій енергії можливо допоміжно

випустити біля 3500 курток. Це відкриває значні перспективи впровадження пристрою в різних галузях легкої промисловості.

**Апробація роботи.** Основні результати роботи доповідались на науково-технічних конференціях в ДАЛПУ (1992-1996 р.р.), розширеному семінарі кафедри технології і конструювання одягу ДАЛПУ (листопад 1996р.), технічній раді АТ "Дана" м.Київ і отримали позитивну оцінку.

**Публікації.** 3 теми досліджень опубліковано 7 друкованих робіт.

**Структура та об'єм роботи.** Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, підсумків, списку використаної літератури із 130 джерел. Загальний обсяг роботи 187 сторінок машинописного тексту, в тому числі 39 малюнків, 26 таблиць та 22 сторінок додатку. Основна частина роботи складає 140 сторінок.

**У вступі** обґрунтована актуальність теми, подано короткий аналіз стану проблеми, сформульовано мету і шляхи її досягнення, виділені наукова новизна і практична значимість одержаних результатів.

**У першому розділі** «Проблеми створення ресурсозберігаючих технологій виробництва одягу і методів їх оцінки» констатується стан та аргументуються основні напрямки подальшого розвитку теорії і практики пошуку резервів зниження трудових та енергетичних витрат при виробництві швейних виробів. В якості інструменту пошуку резервів зниження цих видів витрат запропоновано метод ФВА. Особлива увага звернута на необхідність достатнього аналізу процесів де застосовуються машинні комплекси. З урахуванням цього сформульовані мета і задачі досліджень.

**У другому розділі** «Комплексна оцінка процесів виготовлення одягу за допомогою методу ФВА» розглянуті питання застосування ФВА для виявлення «вузьких місць», які є першопричиною нерационального використання машинного часу. В якості об'єктів досліджень використовується відомчий одяг, при виготовленні якого домінують машинні операції. Здійснена оцінка рівня

технологічності конструкції чоловічих курток та виділені трудомістський елемент одягу, який став об'єктом подальших досліджень.

У третьому розділі «Оптимізація функцій технологічного процесу виготовлення швейних виробів» з позицій системного підходу здійснена структуризація технологічного процесу до рівня неділимої операції та розділ елементів по функціях. При цьому виявлено співвідношення між долею затрат та значимістю функцій на основі чого зроблено висновок, що основним носієм підвищених енерговитрат є малозначимі функції, які пов'язані з холостим ходом обладнання.

Четвертий розділ «Дослідження процесів енергопостачання в системі виробництва швейних виробів» увінчує результати попередніх досліджень і пов'язаний з пошуком можливостей зменшення енерговитрат при різних режимах експлуатації обладнання. Виходячи з отриманих математичних моделей роботи асинхронного двигуна швейної машини встановлено раціональна область напруги при роботі обладнання в режимі холостого ходу. Отримані також математичні залежності для визначення активної та реактивної складової потужності при нестационарній роботі машини. Запропонована методика визначення енергомісткості продукції на різних стадіях її виготовлення. Приводяться економічні показники впровадження рекомендацій у виробництво.

У заключній частині сформульовано основні висновки, одержані в результаті досліджень.

## З М І С Т Р О Б О Т И

У вступі обґрунтована актуальність роботи, сформульована мета і завдання для її досягнення, виділені наукова новизна і практична значимість, відображений рівень реалізації результатів досліджень.

У першому розділі розглядаються проблеми створення і впровадження ресурсозберігаючих технологій. Відмічається, що в останні роки на

підприємствах легкої промисловості України значно зросла вагомість показників енергоспоживання в собівартості продукції, яка сягає сьогодні 8-12%. В той же час світова практика свідчить, що основним лейтмотивом розвитку промисловості в багатьох розвинутих країнах є суттєве зниження енергомісткості продукції при високому рівні якості. При цьому енергоозброєння праці становиться об'єктивним критерієм науково-технічного прогресу, а економія енергії - новим джерелом її отримання. Показано, що в системі енергоживлення підприємств галузі на долю швейних цехів припадає біля 80% енерговитрат, які використовуються на технологічні цілі, а її основним споживачем являється технологічне обладнання. При цьому другим по значимості споживачем енергії після обладнання для волого-теплової обробки швейних виробів (ВТО) є машинні комплекси. Тому, зважаючи на масовість цього виду обладнання, значну долю машинного часу при виготовленні одягу (біля 75%) досить актуальною стає проблема зменшення споживання енергії в режимах робочого і холостого ходу.

Вирішення цього питання можливо за умови скорочення витрат виробництва на різних етапах створення нової продукції та безпосередньо на рівні технічних систем.

В зв'язку з цим в роботі детально аналізується можливість використання в якості інструменту економічної оцінки витрат виробництва методики інженерно-вартісного аналізу, відомого під назвою функціонально-вартісного аналізу (ФВА). Аналіз літератури виявив області застосування ФВА в різних країнах та його ефективність при пошуку резервів зменшення витрат на виробництво і експлуатацію продукції. Дуже важливо, що ФВА дозволяє вивчати всі фактори виробництва системно, як одне ціле і значно полегшує сам процес пошуку найбільш ефективного рішення.

Встановлено, що в швейній промисловості методи ФВА поки що не знайшли належного втілення. Тому в роботі розглядаються можливості використання ФВА для пошуку та усунення "вузьких місць" і диспропорцій в

реалізації технологічних процесів, особливо що стосується трудових і енергетичних витрат. В зв'язку з цим розглянута структура та методика проведення ФВА швейних виробів, технологічного процесу та виробничих систем, в рамках яких в подальшому були здійснені пошуки резервів зменшення трудових витрат та їх структуризація на операціях, де застосовуються машинні комплекси. З врахуванням цього сформульовані мета і задачі досліджень.

У другому розділі розглянуті питання комплексної оцінки процесів виготовлення одягу на основі використання методів ФВА.

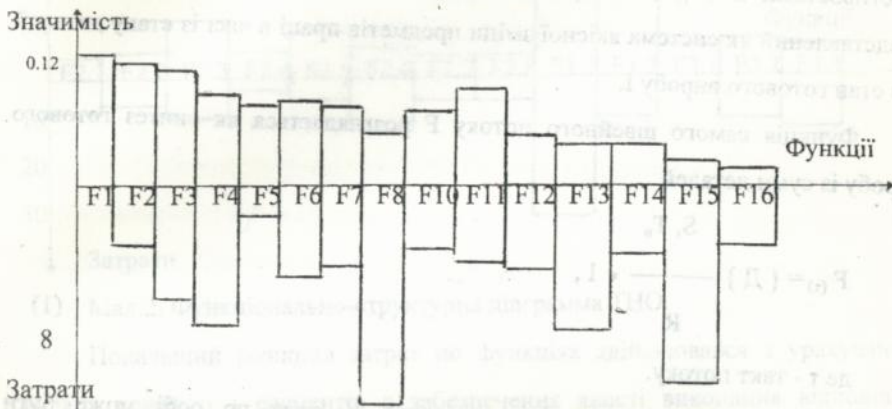
В якості об'єкту досліджень на цьому етапі був вибраний найбільш стабільний і масовий асортимент швейних виробів - відомчий одяг для службовців Державного Таможенного Комітету України (ДТКУ) при виготовленні якого, як показали дослідження, доля машинних операцій складає біля 90%.

В рамках проведення анкетування службовців ДТКУ та статистичної обробки відповідей, була здійснена рангова оцінка функціонально-експлуатаційних показників та виявлено "вузькі місця", які впливають на якість, трудові витрати та умови праці. Зважаючи, що найбільш трудомістким являється процес виготовлення відомчої куртки, подальші дослідження виконувались на прикладі цього асортименту виробів.

Була здійснена побудова графічної структури та функціональної моделі куртки, що дає можливість виявити взаємозв'язки між окремими елементами, та здійснити класифікацію функцій (внутрішні, зовнішні, основні і допоміжні).

На цій основі запропонований алгоритм проведення ФВА, частина якого була реалізована в роботі. Значну увагу було приділено визначенню значимості кожної із деталей куртки в забезпеченні головної функції одягу. Експертна оцінка значимості функцій здійснювалась в рамках анкетування спеціалістів - технологів і конструкторів одягу.

При цьому вперше в практиці швейного виробництва здійснена комплексна оцінка значимості та витрат на кожен елемент функції (мал.1).



мал.1. Функціонально-вартісна діаграма виготовлення куртки де, F<sub>1</sub> - F<sub>4</sub> - головні функції, F<sub>5</sub> - F<sub>16</sub> - другорядні функції.

В даному випадку функція F<sub>8</sub> (кишеня зовнішня накладна) характеризується найбільшими витратами і потребує удосконалення. В зв'язку з цим в роботі були визначені показники технологічності 6 модифікацій накладних кишень, які оцінювались по узагальненому зведеному коефіцієнту технологічності конструкції  $K_{тс} = \sqrt{U_T} \cdot K_{тр} \cdot K_y$  де  $U_T$  - відносний показник рівня технологічності,  $K_{тр}$  - відносний показник трудомісткості,  $K_y$  - коефіцієнт уніфікації, і запропонований найбільш технологічний варіант конструкції кишені. Тим самим в подальшому забезпечується зменшення енергетичних витрат на виготовлення цього вузла. Подібний підхід до аналізу можна здійснити і на інших функціях.

У третьому розділі проведені дослідження по оптимізації функцій технологічного процесу виготовлення відомчих курток. Робота виконувалась з позицій системного підходу, які в різних напрямках знайшли своє відображення в роботах Коблякової Є.Б., Романова А.Є., Іспіряна Г.П., Нестерова В.П., Рожка В.Д., Комісарова О.Ю. та інших.

В даному випадку швейний потік розглядається як самостійна система і характеризується такими системними характеристиками, як зв'язок з

навколишнім середовищем  $H$ , функцією  $F$ , структурою  $S$  і совокупними властивостями  $Z=(Z_1, Z_2, \dots, Z_n)$ . Сам процес виготовлення одягу може бути представлений як система якісної зміни предметів праці в часі із стану деталей  $D$  в стан готового виробу  $I$ .

Функція самого швейного потоку  $F$  розглядається як синтез готового виробу із суми деталей

$$F_{(\tau)} = \{ D \} \xrightarrow[S, T_n]{R} I, \quad (1)$$

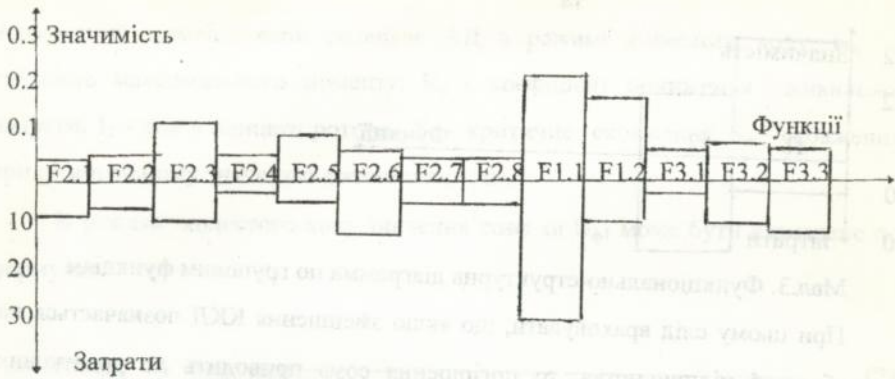
де  $\tau$  - такт потоку.

В свою чергу технологічна операція  $Y$  сама по собі може бути самостійною системою  $Y = (\Phi, T, Z, N)$ , в якій  $\Phi, T, Z, N$  - відповідно функція, структура, набір характеристик, зв'язок з зовнішнім середовищем.

В рамках такої структуризації системи технологічного процесу, притаманної виготовленню куртки на АТ "Дана" м.Київ, в роботі було здійснено аналітичний творчий і рекомендаційний етапи плану проведення ФВА.

На цій основі був виконаний укрупнений аналіз технологічного процесу по критерію навантаження обладнання на організаційних операціях. Встановлено значне відхилення на ряді операцій від такту процесу, наявність біля 40% операцій в яких машинні операції довантажені ручними, а коефіцієнт завантаження обладнання складає 0,55 - 0,70.

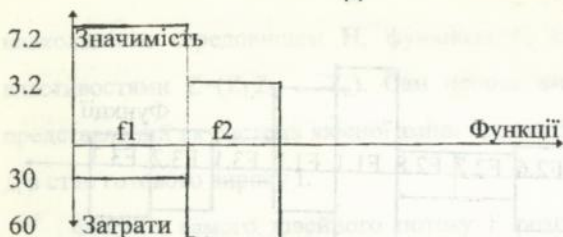
Особливо низькими являються рівень спеціалізації і коефіцієнт завантаження обладнання на операції виготовлення накладної кишені. Технологічно неділима операція, в структурі якої неділимий елемент "настроїть кишеню на полочку" по затратах дорівнює 24,6%. Все це викликає необхідність здійснити аналіз розподілу функцій  $f_1, f_2$  на рівні технологічно неділимої операції (ТНО). Результати досліджень в вигляді функціонально-структурної діаграми приведені на мал.2.



Мал.2. Функціонально-структурна діаграма ТНО.

Подальший розподіл затрат по функціях здійснювався з урахуванням вкладу кожного з елементів в забезпечення якості виконання відповідних функцій. Він показав, що перевищення долі витрат над значимістю має місце по багатьом функціям і свідчить про низьку ефективність використання обладнання. При цьому, як видно із функціонально-групової діаграми по груповим функціям технологічного процесу  $f_1$  і  $f_2$  (мал.3) значний розрив між долею затрат та значимістю має місце для функції  $f_2$ , в яку входить час роботи машини на холостому ході. Звідси можна зробити дуже важливий висновок, що основні витрати енергії припадають на малозначимі функції і на них потрібно звертати особливу увагу на стадії розробки проектно-конструкторської документації та при комплектуванні організаційних операцій. Разом з тим становиться очевидною необхідність нейтралізації впливу подібних елементів ТНО на основні енергетичні характеристики роботи обладнання при різних режимах експлуатації.

Четвертий розділ присвячений пошуку можливостей зменшення енерговитрат безпосередньо при експлуатації обладнання. В зв'язку з цим, звертається увага, що основними показниками економічності роботи машинних комплексів являються коефіцієнти потужності ( $\cos \phi$ ) та корисної дії (ККД).



Мал.3. Функціонально-структурна діаграма по груповим функціям.

При цьому слід враховувати, що якщо зменшення ККД позначається на енергобалансі підприємства, то погіршення  $\cos\phi$  приводить до додаткових капітальних і експлуатаційних витрат як на підприємстві, так і в енергосистемі України в цілому. Значна увага приділяється показнику реактивної потужності  $Q_{\phi}$ , яка змінюється в залежності від навантаження приводу швейних машин, в якості якого використовуються асинхронні електродвигуни (АД) порівняно невеликої потужності (0,4 - 0,6 Квт). Один із недоліків АД - зменшення значення  $\cos\phi$  при падінні навантаження, що особливо проявляється в режимі холостого ходу. Цей недолік можна ліквідувати за рахунок раціонального вибору АД, або шляхом зниження напруги на вході АД. При фінансовому стані галузі перший шлях являється на сьогодні нереальним. Другий варіант не потребує значних матеріальних витрат, але його реалізація потребує як теоретичних, так експериментальних досліджень.

В зв'язку з цим в розділі представлені результати досліджень (в співдружності з кафедрою промелектроніки ДАЛПУ), різних типів АД швейних машин фірм "Джуки", "Мінерва", "Дюркоп", "Текстима", які проводились на спеціально створеному стенді. Вони показали на дуже не ефективне споживання енергії приводом швейних машин в режимі холостого ходу ( $\cos\phi = 0,223$ ,  $Q_{\phi} \approx 500$  Вар.).

Зважаючи на це аналітично і експериментально вивчена можливість підвищення рівня  $\cos\phi$  при роботі машини в режимі холостого ходу. Для отримання функціональної залежності  $\cos\phi_x = f(U_{\phi})$  скористалися відомою з літератури Г-образною схемою заміщення АД та рядом співвідношень (М. -

нормований момент, який розвиває АД в режимі холостого ходу,  $K_m$  - кратність максимального моменту,  $K_u$  - коефіцієнт пониження живильної напруги,  $I_2$  - ток в ланцозі ротора,  $S_k$  - критичне сковження,  $S_n$  - сковження при номінальному значенню фазної напруги).

В режимі холостого ходу значення  $\cos\phi$  та  $U_{\phi 1}$  може бути визначене по формулах :

$$\cos \phi_x = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{K_u^4}{M_*^2} \left( \frac{I_{on}}{I_{2n}'} \sqrt{\frac{2 K_m S_n}{S_{кр}}} + K_m - \sqrt{K_m^2 \frac{M_*^2}{K_u^4}} \right)}} \quad (2)$$

$$U_{\phi 1} = U_{\phi n} \sqrt{M_* \cdot \frac{\operatorname{tg} U_n - \frac{S}{S_{кр}}}{\operatorname{tg} U_n - \frac{S_n}{S_{кр}}}} \quad (3)$$

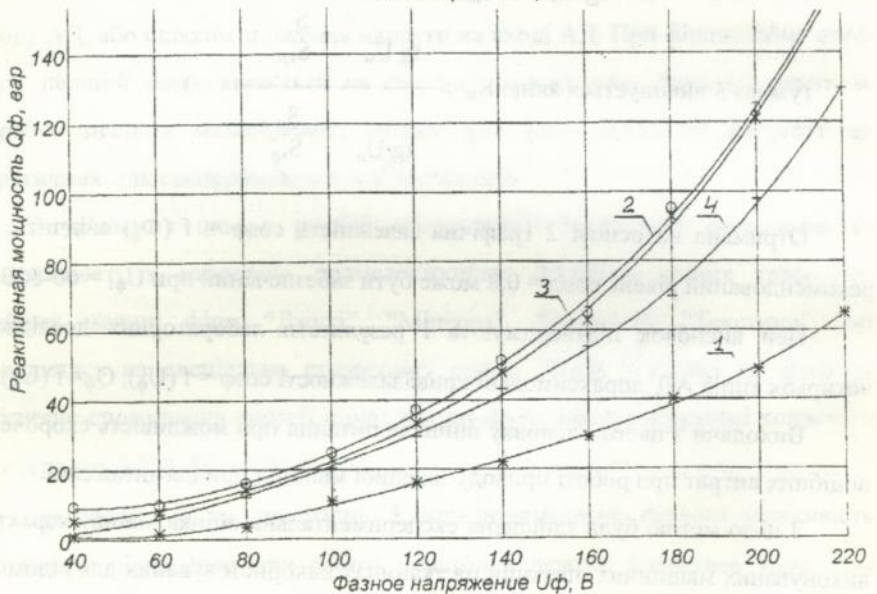
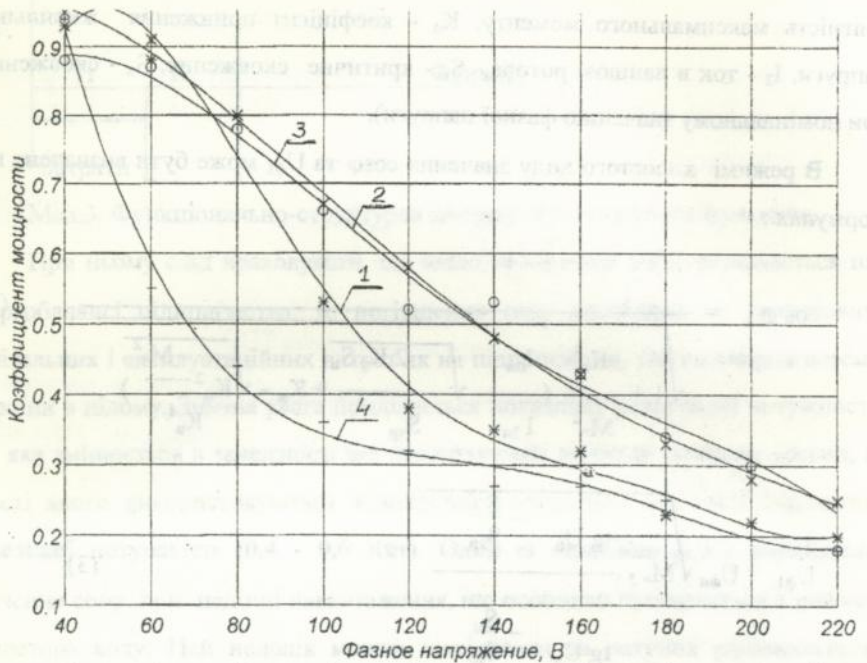
$$\left( \text{умова 3 виконується якщо } K_m > \frac{\operatorname{tg} U_n - \frac{S}{S_{кр}}}{\operatorname{tg} U_n - \frac{S_n}{S_{кр}}} \right)$$

Отримана на основі 2 графічна залежність  $\cos\phi = f(\Phi_n)$  свідчить, що рекомендований рівень  $\cos\phi = 0,8$  може бути забезпечений при  $U_{\phi 1} = 60-80\text{В}$ .

Цей висновок підтверджують і результати лабораторних досліджень чотирьох типів АД апроксимовані криві залежності  $\cos\phi = f(U_\phi)$ ,  $Q_\phi = f(U_\phi)$ .

Виходячи з цього висновку виникає питання про можливість скорочення подібних витрат при роботі приводу швейної машини при навантаженні.

З цією метою була здійснена експериментальна оцінка впливу характеру виконуваних машинних операцій на тканинах використовуваних для відомчого одягу на основі енергетичної характеристики роботи АД.





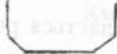
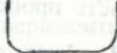
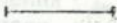
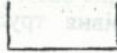

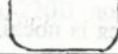
Мал.4. Залежність фазної напруги від коефіцієнта потужності та реактивної потужності.

Досліди проводились на швейній машині фірми "Мінерва", яка має при номінальній напрузі  $U_{\phi} = 220\text{В}$  наступні характеристики  $P_d = 0,4\text{ кВт}$ ,  $\cos\phi \leq 0,81$ ,  $I_{\phi} = 1,15\text{А}$ ,  $n = 2870\text{ об/хв}$ .

В режимі холостого ходу напруга автоматично понижувалась за допомогою спеціально виготовленого пристрою до  $U_{\phi 1} = 80\text{В}$ .

Усереднені результати досліджень, після обробки методами математичної статистики представлені в табл. 1

Таблиця 1

№ п/п	Вид тканини	Конфігурація строчки	$I_{\phi 1}$ А	$P_{\phi 1}$ Вт	$Q_{\phi}$	$\cos \phi$
1	Плящова із ПЕволокон		0.856	109.3	153.6	0.582
2	33% ВБ, 67% ВПф		0.835	105	150.7	0.575
3			0.858	109	153.8	0.547
4			0.844	110.3	148.5	0.594
5		Сорочечна із бавовняних волокон		0.845	108.7	151.2
6	33% ВПф, 67% ВБ		0.853	106	154.7	0.566
7			0.846	104	155	0.558
8			0.845	106	152.6	0.575

Як видно із приведених даних характер виконуваних операцій майже не впливає на рівень основних енергетичних характеристик АД.

Для вказаних операцій коефіцієнт навантаження  $K_3$  приводу швейної машини можна визначити по виразу

$$K_3 = \frac{3 \bar{P}_{\phi} \eta}{\bar{P}_n}$$

де  $\eta$  - ККД приводу, який в середньому дорівнює 0,7 - 0,75.

Розрахунки показують, що  $K_3 = 0,6$ , тобто привод працює в недогруженому режимі ( $K_3 = 0,6$ ), про що свідчать і середні значення  $\cos\varphi = 0,58$  і  $Q_\phi = 457$  вар замість  $\cos\varphi = 0,53$  і  $Q_\phi = 240$  вар при  $U_{\phi n} = 220$ В. Звідси, для скорочення енерговитрат при роботі машин в режимі навантаження потрібно понизити  $U_\phi = 200$ В, що забезпечить підвищення  $\cos\varphi$  до 0,8, а витрати реактивної енергії зменшити на 42%. Для реалізації цієї ідеї в роботі запропонований принцип фазового регулювання напруги та пристрій на його основі. Виробничі випробування підтвердили його ефективність. При цьому кратність пускового току при розгоні не перевищувала 1,5 замість 6,8 при його відсутності.

Заключним етапом досліджень являється розробка ефективного способу аналітичного визначення енергомосткості процесів виготовлення одягу без проведення фізичних експериментів. В зв'язку з чим здійснене математичне моделювання роботи АД, формалізація процесу енергоспоживання при виготовленні одягу та визначення рівня трудових затрат по методиці, викладеній в попередніх розділах.

При розробці математичної моделі АД останній був представлений в якості двухполосника, який складається із послідовно включених активного R і індуктивного X опорів поскільки використання дискретних залежностей  $R = f(U_\phi)$  і  $X = f(U_\phi)$  при формалізації процесів споживання електроенергії пов'язано з певними труднощами, була здійснена їх апроксимація з використанням методу найменших квадратів і отримана математична модель АД

$$Z = \sum_{j=0}^n a_j \cdot U_\phi^j + i \sum_{j=0}^n d_j \cdot U_\phi^j \quad (4)$$

де  $a_j, d_j$  - коефіцієнти полінома.

Графічні залежності апроксимованих функцій  $R$ ,  $X$  ( $U_{\phi}$ ) (похибка апроксимації не перевищує 5%) ще раз підтвердили оптимальність вибраної зони фазової напруги в режимі холостого ходу. З врахуванням (4) параметрів споживача енергії (приводу)  $R_i$ ,  $X_i$  значення фазної напруги  $U_{\phi i}$  та сумарних значень часу роботи приводу.

В режимі робочого та холостого ходу приводу були отримані математичні залежності для визначення активної  $\mathcal{E}_a$  та реактивної  $\mathcal{E}_p$  енергії при нестационарному режимі роботи електроприводу швейних машин.

$$\mathcal{E}_a = \frac{3U_{\phi}^2 \cdot R_X \cdot T_{\Sigma X}}{R_X^2 + X_X^2} + \frac{3U_{\phi}^2 \cdot R_M \cdot T_{\Sigma M}}{R_M^2 + X_M^2} \quad (5)$$

$$\mathcal{E}_p = \frac{3U_{\phi}^2 \cdot X_X \cdot T_{\Sigma X}}{R_X^2 + X_X^2} + \frac{3U_{\phi}^2 \cdot X_M \cdot T_{\Sigma M}}{R_M^2 + X_M^2}$$

При наявності експериментально визначених  $\bar{P}_{\phi}$  та  $\bar{Q}_{\phi}$  для номінальної напруги живлення  $U_{\phi n}$  в режимі роботи обладнання формули для розрахунку енергозатрат суттєво спрощуються

$$\mathcal{E}_{a n} = 3 \bar{P}_{\phi} \cdot T_{\Sigma M}$$

$$\mathcal{E}_{p n} = 3 \bar{Q}_{\phi} \cdot T_{\Sigma M}$$

в разі зниження  $U_{\phi}$  з 220В до 200В  $\mathcal{E} \approx 0,58 \mathcal{E}_{p n}$

Використовуючи отримані математичні моделі АД, значення  $T_{\Sigma X}$  і  $T_{\Sigma M}$ , отриманих в попередньому розділі, були визначені економія електроренергії і енергомісткість пошиття чоловічої куртки. По активній енергії вона склала

$$\mathcal{E}_a = 0,239 \text{ квт.ч, реактивній } \mathcal{E}_p = 1,504 \text{ квт.ч}$$

Вартість зекономленої енергії на один виріб складає 3,8 цента, що в перерахунку на річний випуск курток дорівнює 1500 доларів США. При цьому майже 64% економії енергії припадає на реактивну складову енергії.

Таким чином вперше для потреб швейної галузі запропонована методика оцінки енергомісткості виробів, яка дозволяє оперативно вирішувати питання

пошуку найбільш ефективних рішень на стадії підготовки нових моделей одягу до запуску в виробництво.

### Основні висновки і результати роботи.

Проведені аналітичні і експериментальні дослідження виявили шляхи подальшого вирішення питань ресурсозбереження на різних рівнях системи швейного виробництва. Найбільш перспективним напрямом в енергозбереженні, який не потребує суттєвих затрат, є створення доступної для користувача методики оцінки енергомісткості продукції на різних стадіях технологічної підготовки виробництва та розробка і впровадження системи автоматизованого управління фазової потужності в режимі нестационарної роботи обладнання. Для вирішення цих питань доцільно використовувати результати досліджень, одержані в цій роботі.

1. Створення ресурсозберігаючої технології виробництва одягу повинно базуватись на системних принципах і забезпечувати комплексну оцінку всіх видів витрат.

2. Питання енергозбереження на сьогодні виступає не тільки як економічний, а й соціальний фактор, а економія енергії становиться новим засобом її отримання.

3. В системі швейних підприємств основним споживачем "технологічної" енергії виступає швейне виробництво (біля 80%), а її домінантом являються швейні комплекси, які займають друге місце після обладнання ВТО в ранзі споживачів електроенергії.

4. Поскільки між трудовими і енергетичними витратами існує тісний взаємозв'язок, а енергоозброєння свідчить про рівень науково-технічного прогресу на підприємстві, тому пошук резервів по оптимізації використання цих видів ресурсів представляє великий народногосподарський інтерес.

5. Виявлено, що одним із перспективних, але малозадіяних в швейному виробництві, інструментів комплексної оцінки витрат виробництва, являється метод функціонально-вартісного аналізу (ФВА). В роботі розглянуті суть

методу ФВА, можливості використання для оцінки виробів, технологічних процесів і організації виробництва.

6. Вперше в швейній галузі застосування методики ФВА дозволило здійснити комплексну оцінку процесів виготовлення одягу відомчого призначення та оптимізації їх функцій по критеріях значимості і затрат. В рамках системного підходу побудовані структурна і функціональна моделі процесів виготовлення відомчих курток, здійснена класифікація їх функцій, розроблені алгоритм і методика оцінки та розподілу затрат по функціях, здійснена рангова оцінка показників якості структурних елементів куртки, побудована вартісна діаграма.

7. На основі визначення рівня комплексного показника технологічності виявлена найбільш економічна, із 6 варіантів, конструкція кишені. На її основі здійснена поелементна оцінка собівартості складових функцій та виявлені найбільш значимий по затратам елемент процесу (настрочити кишеню на полочку).

8. Показано, що на основі побудови функціонально-структурної діаграми по групових функціях можливо реально оцінювати співвідношення затрат часу при роботі машини в режимах робочого та холостого ходу. Такий підхід дає можливість вишукувати резерви для підвищення коефіцієнтів навантаження обладнання, особливо при комплектуванні організаційних операцій, де цей показник знаходиться на рівні 0,55 - 0,70. Наявність же значної кількості операцій (біля 40%), які доукомплектовані ручними операціями, свідчить про потенційне погіршення енергетичних показників роботи швейних машин.

9. Дослідження різних типів АД швейних машин провідних фірм Європи на спеціально виготовленому стенді показало, що в режимі холостого ходу ефективність використання електроенергії дуже низька ( $\cos\phi = 0,223$ ,  $Q_{\phi} = 500$  Вар).

В зв'язку з цим проведені аналітичні та фізичні дослідження роботи АД, на базі яких обґрунтований інтервал фазної напруги ( $U_{\phi} = 60 - 80 \text{ В}$ ), при якому досягається нормалізація вказаних показників.

10. Установлено, що при наявності фазового регулювання АД в режимі холостого ходу характер виконуваних технологічних операцій не вносить суттєвих змін в основні енергетичні характеристики ( $\cos\phi$ ,  $Q_{\phi}$ ,  $I_{\phi}$ ,  $P_{\phi}$ ). Разом з тим показано, що більшість обладнання має низький коефіцієнт навантаження ( $K_3 = 0,6$ ) для підвищення якого рекомендується понизити в період робочого ходу значення фазної напруги (при  $U_{\phi} = 200 \text{ В}$   $\cos\phi = 0,8$ , а витрати реактивної енергії зменшуються на 42%).

11. Вперше здійснено математичне моделювання роботи АД та формалізація процесу енергоспоживання на машинних комплексах, які, в сукупності з методикою визначення структури трудових витрат на робочому і холостому ходу, дозволяють здійснювати розрахунки енергомісткості процесів виготовлення одягу без проведення фізичних експериментів.

Це відкриває значні перспективи використання запропонованої методики в умовах виробництва та навчальному процесі.

12. Доведена висока ефективність впровадження методики оцінки енергомісткості продукції та електронного регулятора фазної напруги на підприємствах галузі. Річна економія енергії при впровадженні пристрою в потоці по виготовленню відомчих курток потужністю 110 од./змін. складає 1500 умовних одиниць. При цьому доля активної та реактивної енергії в цьому ефекті складає відповідно 36% і 64%.

#### Основний зміст дисертації викладений в наступних наукових працях.

1. Функціонально-стоимостный анализ в сфере энергопотребления швейных предприятий/ Жуковская И.И., Березненко Н.П. -К., Депонированная рукопись в ГНТБ Украины 14.10.1996 №1910 - Ун96, 1996г. -22с.

2. Автоматизована навчальна система з технології швейних виробів./ О.Ю.Комісаров, І.І.Салій, -К., Легка промисловість, №3 1994р. Стор.32-33.

3. Интегрирована система АРМ технолог./ О.Ю.Комиссаров, И.И.Салий., Легка промисловість, - К., №1 1993р. С. 50-52.
4. Оптимізація режиму холостого ходу асинхронного двигуна/ О.О.Головко, Ю.Є.Кулешов, І.І.Жуковська. - К., 1996р. Тези доповідей республіканської науково-практичної конференції "Проблеми взуттєвої промисловості України". С. 23.
5. Совершенствование технологических процессов производства одежды с помощью метода ФСА. / О.Ю.Комиссаров, И.И.Салий(И.И.Жуковская). - К.,1994г. Тезисы докладов научной конференции молодых ученых та студентів. -С. 14
6. АРМ экономиста швейного предприятия. / О.Ю.Комиссаров, И.И.Салий. -К., 1993г. Тезисы докладов научно-практической конференции "Системы автоматизированного проектирования и управления в легкой промышленности":С. 15.
7. Оперативное управление швейным потоком с использованием ЭВМ./И.И.Салий, Т.Л.Малова, - К., 1993г. Тезисы докладов научной конференции молодых ученых и студентов:-С. 94.

**Ключові слова.**

Енергія, функціонально-вартісний аналіз, математичне модулювання, активна і реактивна потужність, електропривод, машинні комплекси, робочий (холостий) хід, відомча куртка, коефіцієнт потужності.

**РЕЗЮМЕ**

**Жуковская Ирина Ивановна** "Разработка ресурсосберегающей технологии производства швейных изделий на основе применения метода функционально-стоимостного анализа".

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.19.04 - технология швейных изделий. Государственная Академия легкой промышленности Украины, 1996 г.

Защищаются результаты теоретических и экспериментальных исследований механизма формирования трудовых и энергетических затрат при производстве одежды. В работе использован метод ФСА, осуществлена комплексная оценка значимости функций и величины затрат. Разработана математическая модель работы асинхронного двигателя. Изготовлено и испытано устройство для автоматического регулирования фазного напряжения электродвигателей швейных машин, осуществлена формализация процессов энергопотребления в режиме рабочего и холостого хода. Обоснованы рациональные параметры работы электродвигателей в этих режимах. Предложена математическая модель расчета затрат энергии при производстве одежды, исключая необходимость проведения физических экспериментов.

## RESUME

*Iryna I. Zhukovska*      The development of resource saving technology of sewing issues production based on introduction of functional-cost analysis method

Ph D thesis, main subject 05.19.04 - sewing issues technology. State Academy of light industry of Ukraine, 1996.

The results of theoretical and experimental researches of human & energetic expenditure formation mechanism in clothing industry are examined on this thesis.

The method FSA is on the base and the complex valuation of function and expenditure value significance is made.

Mathematic model of asynchronous engine work is made.

The machine for the automatic regulation of sewing machine's electric motor phase voltage is developed and tested.

The formalisation of energy consumer processes in the work and idle mode are made.

And electric engines' work effective parameters in these modes are substantiated.

Mathematic model of sewing factory value expenditure calculation, which excludes physical experiments as necessary measure is proposed.



Підп. до друку 20.12.96р. Формат 60x84 I/16.Папір  
друк.№1. Друк офсетний. Умовн. др. арк. I, 63. Умовн. фарбо-відб. I, 74.  
Облік.-вид. арк. I, 27. Тираж 120. Зам. II72. Безплатно.

Дільниця оперативної поліграфії при Державній академії  
легкої промисловості України.  
252011, Київ-II, вул. Немировича-Данченко, 2.

Ab 36. 6. 11

1891

1891

1891

Ar 36.644

**AV 36.644**

Безплатно

Стан. на улица № 12, в.п.      Адрес: в.п. 1.55      Цена: в.п. 1.74.  
Материал: в.п. 1.27.      Цена: в.п. 1.72.      Безплатно.

Създадена: в.п. 1.72.      Цена: в.п. 1.72.      Безплатно.  
Зам. II72      Адрес: в.п. 1.72.      Цена: в.п. 1.72.      Безплатно.