

УДК 330.131.5:331.4:678.675

Н.М. Денисова, канд. техн. наук

Н.П. Буяльська, канд. техн. наук

Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

**РОЗРАХУНОК СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РІШЕНЬ
ЩОДО ПОЛІПШЕННЯ УМОВ ПРАЦІ ПІД ЧАС ФОРМУВАННЯ
ПОЛІАМІДНИХ НИТОК**

Н.Н. Денисова, канд. техн. наук

Н.П. Буяльская, канд. техн. наук

Черниговский национальный технологический университет, г. Чернигов, Украина

**РАСЧЕТ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
МЕРОПРИЯТИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ УСЛОВИЙ ТРУДА
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПОЛИАМИДНЫХ НИТЕЙ**

Nataliia Denysova, PhD in Technical Sciences

Nataliia Buialska, PhD in Technical Sciences

Chernihiv National Technological University, Chernihiv, Ukraine

**THE CALCULATION OF SOCIAL AND ECONOMIC EFFICIENCY
OF DECISIONS ON IMPROVEMENT OF WORKING CONDITIONS DURING
FORMATION OF POLYAMIDE YARNS**

На основі аналізу наявних методик розрахунку та можливих рішень щодо зниження забрудненості повітря робочої зони апаратників розраховано складові соціальної та економічної ефективності, що мають орієнтований характер та включають очікуваний економічний ефект від зниження захворюваності, збитку, заподіяному підпри-

ємству захворюваннями за лікарняними листами, економія за рахунок зменшення збитків через плинність кадрів та очікуваний економічний ефект за рахунок зменшення кількості випаровувань під час формування.

Ключові слова: забрудненість повітря, комплекс працезохоронних рішень, соціально-економічна ефективність.

На основі аналізу існуючих методик розрахунків та можливих рішень по зниженню запыленности воздуха рабочей зоны аппаратчиков формирования полиамидных волокон рассчитаны показатели социально-экономической эффективности, которые имеют прогнозный характер и включают расчеты экономического эффекта от снижения заболеваемости органов дыхания, трат по больничным листам, трат от текучести кадров и экономии сырья за счет снижения количества выделений в воздух рабочей зоны.

Ключевые слова: загрязненность воздуха рабочей зоны, комплекс мероприятий по улучшению условий труда, социально-экономическая эффективность.

The indicators of socio-economic efficiency are calculated on the base of the analysis of existing methods of calculation and possible solutions to reduce pollution of the air of the working zone, which have oriented character and include the expected economic effect from reducing the incidence of disease, losses of sick; losses through staff turnover and the expected economic effect by reducing of evaporation in workplace area.

Key words: air pollution of working area, the complex to improve working conditions decisions, socio-economic efficiency.

Постановка проблеми. Виробництво синтетичних ниток та волокон у всіх розвинутих країнах визначає технічні можливості вирішення багатьох сучасних проблем та створює численні робочі місця на своїх виробництвах та виробництвах легкої промисловості. Світове виробництво хімічних волокон за останні 50 років збільшилось майже в три рази [1], домінуюче положення в об'ємах хімічних волокон займають синтетичні, питома вага яких наближається 79 % [2]. На території пострадянського простору працюють близько 12 підприємств, що виробляють хімічні волокна, завантаженість яких зростає з кожним роком, а обладнання деяких цехів та технологічна схема отримання волокон залишаються незмінними, незважаючи на встановлення додаткового нового обладнання.

Технологічний процес формування супроводжується інтенсивним виділенням забруднюючих речовин – низькомолекулярних сполук капролактаму (НМС КЛ), що спричиняє перевищення ГДК аерозолі капролактаму в повітрі робочої зони у 3–4 рази ($ГДК_{р.з.}=10 \text{ мг/м}^3$) та веде до підвищення рівнів захворювань органів дихання працівників. Незважаючи на наявний досвід боротьби з підвищеними концентраціями небезпечних сполук у повітрі робочої зони, в комплексах працезохоронних заходів на підприємствах та наукових дослідженнях проблема ще не вирішена, а розрахунок соціально-економічної ефективності рішень є важливим елементом системи впровадження.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз інформації щодо комплексних рішень поліпшення умов праці під час формування поліамідних ниток (ПА) показав, що серед основних методів зниження забрудненості повітря робочої зони та засобів захисту працюючих найбільш поширеними є застосування закритих обдувних шахт, систем загальної та місцевої вентиляції, засобів індивідуального захисту органів дихання [3] (ЗІЗОД). Але розроблені методи мають певні недоліки, що обмежують їх використання. Так відомо, що постійне використання ЗІЗОД працівниками приводить до появи помилок і дискомфорту в обслуговуванні машин та, як наслідок, зниження працездатності. Основними недоліками закритих шахт є перешкоди в обслуговуванні та управлінні технологічним процесом, неповне видалення НМС з робочої зони (15 % від їх загальної кількості відносяться з ниткою), складність очищення великих об'ємів обдувного повітря ($350\text{--}500 \text{ м}^3/\text{год}$ замість $60\text{--}70 \text{ м}^3/\text{год}$ – у відкритих шахтах) і висока собівартість самої конструкції [3].

У результаті аналізу попередніх досліджень [4] встановлено, що дослідження процесу утворення та розповсюдження забруднень під час формування ПА ниток може стати підґрунтям для розроблення ефективних методів захисту працюючих. На основі аналітичних досліджень джерел виділень та чинників, що впливають на процес утворення забруднюючих речовин під час формування ПА ниток встановлені основні оперативні параметри керування процесом виділень (температура формування і тиск обдувного повітря) та інтервал їх зміни (область мінімальних значень орієнтації ниток) [4],

де якість ниток стабільна та де доцільно варіювати цими параметрами для зменшення інтенсивності виділень. Використання цього технологічного методу керування параметрами процесу дозволяє прогнозувати інтенсивність виділень. Виявлені методи оцінювання небезпеки перебування апаратників у робочій зоні залежно від відстані та часу перебування апаратника в шкідливій зоні, визначення мінімально забруднених зон та раціонального розміщення пункту керування обладнанням [4]. У попередніх дослідженнях авторів розроблено пристрій індивідуального візуального контролю забрудненості повітря під час виникнення нерегламентованих ситуацій під час формування ПА волокон [4].

Таким чином, запропоновано комплексне рішення щодо поліпшення умов праці апаратників щодо зниження забрудненості повітря робочої зони, впровадження якого потребує аналізу економічних та соціальних показників.

Метою роботи є визначення соціально-економічних показників від поліпшення умов праці апаратників формування ПА ниток.

Для досягнення поставленої мети визначено такі **завдання** досліджень:

– розрахувати соціальний показник зниження кількості захворювань органів дихання працівників;

– розрахувати економічний ефект від впровадження комплексу рішень.

Виклад основного матеріалу досліджень. Для оцінювання ступеня впливу підвищених концентрацій НМС на кількість захворювань органів дихання апаратників формування було вивчено статистичний матеріал ВАТ «Чернігівське „Хімволокно”» [5] (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив концентрації НМС капролактаму на захворюваність органів дихання працівників

Завантаженість цеху, $V_{кл}$, т/рік	610	1230	1360	1416	1250	1028
Середньорічна концентрація НМС, $C_{р.з.}$, мг/м ³	3,37	7,45	8,82	9,65	7,95	6,90
Кількість захворювань органів дихання за рік на 100 працюючих	74,1	108,8	119,2	127,8	114,2	103,7

Враховуючи динаміку змін концентрації капролактаму в повітрі формувальної ділянки за періодами ($C_{кл}$), завантаженості цеху ($V_{кл}$), захворюваності органів дихання апаратників прядильного цеху ВАТ «Чернігівське „Хімволокно”» (ζ), середньорічної концентрації $C_{кл}$ капролактаму в повітрі плавильної частини та формувальної частини і значення ГДК_{р.з.} України та ЄС, авторами запропоновано показник питомої захворюваності органів дихання працівників.

$$\zeta = f(C_{кл}), \quad (1)$$

де ζ – питомий показник захворюваності (кількість захворювань органів дихання в перерахунку на 100 чоловік за рік);

$C_{кл}$ – середньорічна концентрація капролактаму в повітрі робочої зони, що визначена за колориметричним методом, мг/м³.

Залежність (1) майже лінійна, тобто:

$$\zeta = a + b \cdot C_{кл}, \quad (2)$$

де a – визначає відносно постійну кількість хвороб органів дихання, що не залежать від виробничих умов;

$b \cdot C_{кл}$ – критерій збільшення кількості захворювань, обумовлених дією підвищених концентрацій шкідливих речовин у повітрі.

На основі значень джерела [6] та рівняння (2) методом множинної регресії, враховуючи коефіцієнт кореляції $R=0,85$, знайдено ($\sigma=10\%$ при $\gamma=0,95$):

$$\zeta = 44,84 + 8,53 \cdot C_{кл}. \quad (3)$$

Також встановлено, що зміна середньорічних даних щодо захворюваності та завантаженості виробництва корелюють з коефіцієнтом $R=0,97$.

Виходячи з отриманої залежності, можна зробити висновок, що зменшення середньорічної концентрації на $1,0 \text{ мг/м}^3$ зменшує кількість захворювань органів дихання працівників на $8,5 \%$ (для 100 чоловік працюючих).

Для цього необхідно враховувати поряд з науковими технічні питання процесу формування. Одночасно зі зміною $C_{\text{кл}}$, що залежить від завантаженості виробництва $V_{\text{кл}}$, змінюється й кількість перевищень ГДК (P_p) – від $8,3 \%$ при $C_{\text{кл}}=6,9 \text{ мг/м}^3$ до $41,1 \%$ при $C_{\text{кл}}=9,65 \text{ мг/м}^3$. Залежність P_p від $C_{\text{кл}}$ характеризується коефіцієнтом кореляції $R=0,60$ та апроксимується лінійною функцією ($\sigma=15 \%$ при $\gamma=0,90$):

$$P_p = -63,99 + 10,51 \cdot C_{\text{кл}} \quad (4)$$

Розрахунок за залежністю (4) показує, що ризик перевищення ГДК стає незначним при $C_{\text{кл}}=6,0 \text{ мг/м}^3$, при подальшому зниженні $C_{\text{кл}}$ до $3,4 \text{ мг/м}^3$ 82% даних відповідають міжнародним стандартам ГДК_{СС} $=5 \text{ мг/м}^3$.

Для досягнення рівня $C_{\text{кл}}=6,0 \text{ мг/м}^3$ необхідно знизити середнє значення $C_{\text{кл}}$, що дорівнює $8,15 \text{ мг/м}^3$, на $35\text{--}40 \%$, знижуючи інтенсивність виділень зі зберіганням об'ємів та якості продукції, яка випускається. Крім того, необхідним є зниження коливань $C_{\text{кл}}$, що виникають внаслідок зміни завантаженості виробництва та технологічних параметрів, а також під час виконання робіт запуску та зупинки формувальних машин, очищення обдувних шахт парою та ін.

Комплекс методів щодо зниження забрудненості повітря виробничих дільниць, що розроблено авторами в попередніх дослідженнях, включає: запобігання проникненню шкідливих речовин у повітря робочої зони за рахунок удосконалення технологічного процесу (технологічний метод зниження забрудненості повітря – регулювання технологічними параметрами процесу формування); видалення шкідливих речовин за рахунок вентиляційних систем (прогнозоване керування об'ємами повітря, що подається, з урахуванням зміни технологічних параметрів процесу формування); застосування засобів захисту працюючих (використання індикаторного пристрою візуального контролю забрудненості повітря, що спонукає до використання ЗІЗОД); організаційні методи (обґрунтоване скорочення часу робочої зміни, раціональне розміщення пункту керування обладнанням у мінімально забрудненій зоні).

Розроблені рішення дозволяють не тільки поліпшити умови праці на виробництві завдяки зниженню концентрації НМС у повітрі формувальної дільниці на 43% та досягти рівня міжнародних стандартів зі вмісту аерозолі КЛ у повітрі робочої зони під час формування ПА ниток - 5 мг/м^3 , але й отримати показники соціально-економічної ефективності від впровадження цих рішень.

Прогноз результатів впровадження комплексу методів у виробництво ВАТ «Чернігівське „Хімволокно”» можна представити таким чином: зниження концентрації забруднюючих речовин у повітрі формувальних дільниць на $\Delta C_{\text{кл}}=43 \%$ (до рівня міжнародних стандартів зі вмісту аерозолі капролактаму у повітрі робочої зони 5 мг/м^3 , розраховано за [4]), захворюваність органів дихання працівників знижена на $\Delta \zeta = 28 \%$ (розраховано згідно із залежністю (3)).

Згідно з методикою, розробленою Національним науково-дослідним інститутом промислової безпеки та охорони праці України, до основних груп показників поліпшення умов праці відносяться соціальні (скорочення чисельності працівників ДЧ, що працюють в умовах, які не відповідають вимогам нормативних документів) та економічні [7] (очікуваний економічний ефект від зниження захворюваності (E_p), економія збитку, заподіяному підприємству захворюваннями за лікарняними листами ($E_{\text{л}}$), та економія за рахунок зменшення збитків через плинність кадрів ($E_{\text{пл}}$)), також до цієї групи

показників можна віднести очікуваний економічний ефект за рахунок зменшення виділень полімеру на шляху фільтрального витягування ($E_{кл}$). Під час проведення розрахунків важливо враховувати суми витрат на впровадження розроблених рішень: витрат на збільшення тиску обдувного повітря та витрат на впровадження індивідуального індикаторного пристрою візуального оцінювання забрудненості повітря.

Методика проведення розрахунків, вихідні дані та результати обчислень наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Результати розрахунків складових економії витрат у результаті впровадження комплексу працезохоронних рішень під час формування поліамідних ниток

Складові соціально-економічної ефективності	Формули для розрахунків	Пояснення до елементів формул	Вихідні дані	Очікуваний результат впровадження
1	2	3	4	5
Скорочення чисельності працівників $\Delta Ч$, що працюють в умовах, які не відповідають вимогам нормативних документів	$\Delta Ч = \frac{Ч_1 - Ч_2}{Ч_3} \cdot 100\%$	$Ч_1, Ч_2$ – чисельність працівників, що працюють в умовах, які не відповідають санітарним нормам, відповідно до та після впровадження заходу, чол.; $Ч_3$ – річна середньооблікова чисельність працівників, чол.	$Ч_1 = 187$ чол. $Ч_2 = 112$ чол. $Ч_3 = 237$ чол.	$\Delta Ч = 31,6\%$
Очікуваний економічний ефект E_p від зниження захворюваності $\times \Delta N$	$E_p = B_p \cdot Z_{cp} \left(1 + \frac{П_{с.с.}}{100}\right) \times \Delta N$	B_p – умовне звільнення працівників: $B_p = \left(1 - \frac{100 - Z_1}{100 - Z_2}\right) \cdot Ч_3,$ Z_1, Z_2 – відсоток втрати робочого часу через захворюваність до і після впровадження методів: $Z_{1,2} = \frac{D_{01,02} \cdot 100}{Ч_3 \cdot \Phi},$ $D_{01,02}$ – кількість днів відсутності працівника через захворюваність за рік до та після впровадження методів відповідно, днів; Φ – річний ефективний фонд робочого часу одного працівника, год/рік; Z_{cp} – середньорічна заробітна плата одного працівника, грн/рік $П_{с.с.}$ – відсоток відрахувань на соціальне страхування, % $\Delta N = N_1 - N_2$ $N_{1,2}$ – кількість захворювань органів дихання до та після впровадження запропонованих методів	$D_{01} = 12,3$ діб $D_{02} = 7,2$ діб $\Phi_1 = 1819$ год $\Phi_2 = 1835$ год $N_1 = 268$ вип. $N_2 = 161$ вип.	$B_p = 35$ чол. $E_p = 73,9$ тис. грн
Економія збитку, заподіяному підприємству E_n за лікарняними листами	$E_n = 5 \cdot D_{cp} \cdot \Delta N$	D_{cp} – середньоденний заробіток працівника, грн	$D_{cp} = 187,5$ грн	$E_n = 14,1$ тис. грн

Закінчення табл. 2

1	2	3	4	5
Очікуваний економічний ефект $E_{кл}$ за рахунок зменшення виділень полімеру на шляху фільтрального витягування	$E_{кл} = V_{кл} \cdot Q \cdot u \times D \cdot \Phi \cdot C_{кл}$	$V_{кл}$ – об’єм сировини, що переробляється однією формувальною машиною за добу, кг; Q – відсоток виділень під час формування поліамідних ниток від ваги переробленого капролактаму, од.; u – відсоток зниження загальної кількості виділень завдяки використанню розробленого комплексу методів, од.; D – кількість робочих днів на рік, діб; Φ – кількість працюючих формувальних машин, од.; $C_{кл}$ – вартість одного кг сировини – капролактаму з урахуванням втрат на підготовку до формування (транспортування, полімеризація, нагрів та ін.)	$V_{кл}=9000$ кг/добу $Q=0,0025$ $u= 0,42$ $D=365$ діб $\Phi=6$ од. $C_{кл}=20,4$ грн/кг	$E_{кл}= 422,2$ тис. грн
Витрати на впровадження комплексних рішень зниження забрудненості повітря				
Витрати Π_1 на збільшення тиску обдувного повітря	$\Pi_1 = \Delta O \cdot D \cdot \Phi \cdot C_{пов}$	ΔO – перевищення об’ємів обдувного кондиційованого повітря у зв’язку з підвищенням тиску обдувного повітря з 400 Па до 500 Па, м ³ /добу; $C_{пов}$ – вартість одного м ³ підготовленого обдувного повітря, грн/м ³	$\Delta O= 32842$ м ³ /добу $D = 365$ діб $\Phi = 6$ од. $C_{пов}= 0,0033$ грн/ м ³	$\Pi_1=237,2$ тис. грн
Витрати Π_2 на впровадження індивідуального індикаторного пристрою візуального оцінювання забрудненості повітря	$\Pi_2 = C_4 \cdot C_{інд} \cdot Z_{впр}$	C_4 – кількість чоловік, що повинні використовувати засоби індивідуального захисту; $C_{інд}$ – вартість одного індикатора та змінних плівок, грн; $Z_{впр}$ – витрати на впровадження одного індикатора у виробничий процес (матеріальне стимулювання, проведення позапланового інструктажу, контроль використання)	$C_4= 60$ чол. $C_{інд}=30$ грн $Z_{впр}=30$ грн	$\Pi_2 = 54,0$ тис. грн
Очікуваний економічний ефект від впровадження розроблених заходів				
$E = E_p + E_d + E_{нд} + E_{кл} - \Pi_1 - \Pi_2$		$E = 243,7$ тис. грн		

Таким чином, у результаті проведених обчислень встановлено, що очікуваний економічний ефект від впровадження розроблених заходів суттєвий.

Висновки та пропозиції. На основі проведених досліджень сформовано комплексне рішення щодо зниження підвищених концентрацій НМС на ділянках формування ПА ниток, що дозволяє знизити концентрацію забруднюючих речовин у повітрі робочої зони на 43 %, а кількість захворювань органів дихання працівників на 28 %. Встановлено, що за рахунок впровадження запропонованих рішень можна скоротити чисельність працівників, що працюють в умовах, які не відповідають вимогам нормативних документів на 31,6 %, причому очікувана щорічна економія становитиме 243,7 тис. грн.

Список використаних джерел

1. Тарасова Н. В. Хімічний комплекс України: тенденції, проблеми, перспективи розвитку / Н. В.Тарасова – К. : Науковий світ, 2001. – 253 с.
2. Айзенштейн Э. М. О тенденциях мирового развития химического волокна / Э. М. Айзенштейн // Техника для химволокна : сборник докладов II Междунар. научно-практ.

конф. (Чернігов, 8–11 апр. 2003 г.). – Чернігов : АО «Химтекстильмаш», ЧнЦНТЭИ, 2003. – С. 10–21.

3. *Лалетина О. П.* Химия и технология химических волокон. Защита воздушного бассейна от загрязнений производств химических волокон : учебное пособие / О. П. Лалетина, Л. Г. Хижняк, К. А. Малышевская. – Красноярск : СибГТУ, 2001. – 44 с.

4. *Денисова Н. М.* Зниження забрудненості повітря робочої зони при формуванні поліамідних ниток : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.26.01 «Охорона праці» / Н. М. Денисова. – К., 2010. – 20 с.

5. *Дослідження впливу виробничих факторів з метою підвищення ефективності засобів охорони праці : звіт про науково-дослідну роботу / Чернігівський державний технологічний університет.* – Чернігів, 2006. – 45 с. – № ДР 0106V002522. – Інв. № 207U000072.

6. *Денисова Н. М.* Дослідження санітарно-гігієнічних умов виробництва синтетичних волокон / Н. М. Денисова // Проблеми охорони праці в Україні : збірник наукових праць. – К. : ННДІПБОП, 2011. – Вип. 21. – С. 77–83.

7. *Методика визначення соціально-економічної ефективності заходів щодо поліпшення умов і охорони праці.* – К. : Основа, 1999. – 94 с.