

Висновки. Використання числових методів розв'язання нелінійних задач контактного характеру дає змогу швидко оцінити напружено-деформований стан складної конструкції та вжити конструктивних заходів із підвищення міцності.

1. Алямовский А.А. *Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation*. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 664 с.
2. Беккер М.В., Мандра А.С., Николаев В.О., Ксендзюк С.В. *Технологія ремонту повітряних переходів магістральних трубопроводів та методика її застосування // Інформаційний огляд ДК “Укртрансгаз”. – 2004. – №4 (28). – С. 5–6.* 3. Бурак Я.Й., Рудавський Ю.К., Сухорольський М.А. *Аналітична механіка локально навантажених оболонок. – Львів: Інтелект-Захід, 2007. – 240 с.* 3. Патент на корисну модель №73750 (Україна) / Спосіб ремонту ділянок трубопроводів, розташованих на опорах балкових переходів. МПК F16L 55/18 / Є. В. Харченко, Ю. Я. Новицький. Заявлено 02.03.2012 р. Опубл. 10.10.2012, бюл. №19, 2012 р. – 4 с. 4. Харченко Є.В., Новицький Ю.Я. *Вплив локальних навантажень на напружено-деформований стан тонкостінного трубопроводу // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка” “Динаміка, міцність та проектування машин і приладів”. – 2011. – №701. – С. 100–107.*

УДК 621.9

Н.В. Ступницька

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра охорони праці

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПЛАНУВАННЯ ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ НА МАШИНОБУДІВНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

© Ступницька Н.В., 2012

Наведено структуру автоматизованої системи планування заходів з охорони праці на підприємствах машинобудування. Впровадження такої системи дасть змогу вирішити найважливіші питання, пов'язані зі зменшенням показників важкості та частоти травматизму.

In the article the brought structure over of CAS of measures planning on a labour protection on the enterprises of engineer. Introduction of such system will allow to decide the row of the major questions related to reduction of indexes to weight and frequencies of traumatism.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Як зазначено у працях [2–5], наявні критерії оцінювання (коефіцієнти частоти та тяжкості) не дають змоги із впевненістю диференціювати людино-машинні системи за рівнем безпеки праці, не дають чіткої картини динаміки травматизму та мають низьку прогностичну цінність. Запропоновані в наукових розробках [4] критерії оцінок на основі визначення відмов елементів систем мають, як правило, низьку адекватність та вузьке використання внаслідок обмеженості та складності формалізації більшості евристичних процедур, покладених в основу прийняття рішень при плануванні заходів запобігання виробничому травматизму.

Аналіз літературних джерел з питань оцінювання виробничих систем щодо їх травмонебезпеки дає змогу виділити два основні напрямки таких досліджень.

Перший з них [2, 5] (умовно його можна назвати методом синтезу) ґрунтується на статистичному аналізі мікротравматизму, що дає змогу узагальнити визначені так показники та будувати загальну модель травмонебезпеки виробничого підрозділу методом узагальнення та формалізації тенденцій щодо причин та наслідків нещасних випадків. Перевага такого метода полягає в тому, що до уваги беруть усі причини виникнення травмонебезпечних ситуацій та у відносній простоті математичних узагальнень при обробці статистичної інформації. Однак,

складність створення узагальнювальної моделі, яка передбачає необхідність дослідження не тільки безпосередніх випадків травматизму, а й тенденцій їх впливу на основні техніко-економічні показники роботи підприємства, робить цей метод достатньо обмеженим та ненадійним.

Інший підхід [3, 4] ґрунтується на результатах загальних соціологічних та статистичних оцінок параметрів безпеки основного та допоміжного технологічного обладнання тощо. (Цей підхід можна умовно назвати методом аналізу під час оцінювання травмонебезпеки виробничого підрозділу). Обробка отриманих таким чином інформаційних масивів здійснюється за допомогою методів математичного моделювання, причому алгоритм повинен враховувати можливість як дослідження окремих факторів, так і отримання комплексного критерію оцінювання травмонебезпеки [2]. Використання соціологічних анкет та методів експертних оцінок дає можливість встановити травмонебезпечні види обладнання та технологічні операції, небезпечні зони та умови роботи тощо. Проте такі дослідження мають, як правило, суб'єктивний характер і недостатньо адекватно описують загальну картину травмонебезпеки деякого конкретного робочого середовища

Викладення основного матеріалу. Отже, доцільність та ефективність використання методів оптимізації та автоматизації під час планування та проектування системи заходів запобігання виробничому травматизму та створення безпечних умов праці не викликає сумнівів. Тому визріла необхідність розроблення статистично-математичних, імовірнісних та економіко-математичних моделей, в яких одночасно враховувалась би частота, важкість виробничого травматизму та вплив основних техніко-економічних показників на стан охорони праці у виробничих підрозділах машинобудівних підприємств.

Математична модель комплексної структурно-параметричної оптимізації повинна відображати технічні, організаційні, економічні та соціальні аспекти планування системи заходів з охорони праці. Як критерій оптимізації слід використати функцію мінімізації загального показника травмонебезпеки l -го виробничого підрозділу підприємства: $R_l \rightarrow \min$. Обмеження та умови математичної моделі повинні відображати можливість технічної та економічної реалізації плану за умови досягнення найбільшого ефекту від впровадження системи заходів $\{ b_{mn} \}$ для умов конкретної виробничої структури, що містить $\{ a_{ij} \}$ об'єктивних джерел травматизму.

У загальному випадку математична модель описується так:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^F \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^T (R_{ijk} \cdot B_{mn2jk} \cdot r_{1ijkn} \cdot r_{2ijkn} \cdot r_{3ijkn} \cdot r_{4ij} \cdot \alpha_{jn}) \rightarrow \text{MIN} \quad (\text{а})$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \wedge_{i=1}^I ((r_{1ijk} \cdot r_{2ijk} \cdot r_{3ijk}) - (r_{1ijkn} \cdot r_{2ijkn} \cdot r_{3ijkn} \cdot \alpha_{jn}) \geq 0; \\ \forall n = \overline{1, G}; (m = 1); \forall j = \overline{1, F}; (F = A + B + C + D + E); \forall k = \overline{1, K}; \end{array} \right. \quad (\text{б})$$

$$\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^F (S_{\text{осн } mn} + S_{\text{доп } mn} + S_{\text{зп } mn} + S_{\text{монт } mn} + S_{\text{пр } mn} + S_{\text{ф } mn} + S_{\text{пп } mn}) \leq [S] \quad (\text{в})$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \prod_{k=1}^K B_{mn2j} \leq 1; \alpha_{jn} \neq 0; \\ \forall n = \overline{1, T}; (T = G + H + P + Q); \forall j = \overline{1, F}; (F = A + B + C + D + E); \end{array} \right. \quad (\text{г})$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \wedge_{m=1}^M B_{mn3j} = 1; \alpha_{jn} \neq 0; \\ \forall n = \overline{1, T}; (T = G + H + P + Q); \forall j = \overline{1, F}; (F = A + B + C + D + E); \end{array} \right. \quad (\text{д})$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^T T_{\text{шт } j} \cdot B_{mn4j} \cdot \alpha_{jn} \leq \frac{60 \cdot F_{\text{лб}} \cdot \eta_j}{N}; \\ \forall j = \overline{1, A}; \end{array} \right. \quad (\text{е})$$

Функція мети (а) являє собою критерій мінімуму інтегрального показника травмонебезпеки обладнання та споруд усього виробничого підрозділу. Тут прийнято позначення:

R_{ijk} – рівень небезпеки j -го джерела травматизму i -ї групи обладнання за k -ї причини, що змінюється за експотенційним законом;

B_{mn2jk} – коефіцієнт ефективності впровадження n -го заходу m -го виду для j -го джерела травматизму за k -ї причини;

r_{ijkn} – коефіцієнти, що характеризують наявність або відсутність штатних (r_{1ijkn}) систем захисту; наявність додаткових засобів автоматизації (r_{2ijkn}); умов (r_{3ijkn}) та строку їх експлуатації (r_{4ij}) після впровадження n -го заходу запобігання травматизму;

$\alpha_{jn} = 1$, якщо передбачається впровадження n -го заходу на j -му обладнанні, $\alpha_{jn} = 0$, у протилежному випадку.

Обмеження (б) – (е) складають такі вимоги:

(б) – кожен запропонований захід n ($n = \overline{1, T}$) запобігання травматизму обов'язково повинен призводити до збільшення впливу систем захисту, засобів автоматизації робіт та умов експлуатації обладнання на зниження імовірності травмування робітників, що працюють або знаходяться в межах функціонування кожного j -го ($j = \overline{1, F}$) джерела травматизму з кожної k -ї причини ($k = \overline{1, K}$) ($r_{1ijk}, r_{2ijk}, r_{3ijk}$ - коефіцієнти до впровадження заходів з охорони праці);

(в) – економічні витрати на впровадження кожного n -го заходу m -го виду не повинні перевищувати наперед задану граничну суму витрат [S]:

$$B_{1mn} = S_{\text{осн } mn} + S_{\text{доп } mn} + S_{\text{зп } mn} + S_{\text{монт } mn} + S_{\text{пр } mn} + S_{\text{ф } mn} + S_{\text{прост } mn}, \quad (2)$$

де $S_{\text{осн } mn}$ – вартість основних матеріалів, необхідних для реалізації b_{mn} -го заходу; $S_{\text{доп } mn}$ – вартість допоміжних матеріалів для впровадження b_{mn} -го заходу; $S_{\text{зп } mn}$ – відрахування на зарплату робітникам, що виконують монтувальні та будівельні роботи для реалізації b_{mn} -го заходу; $S_{\text{монт } mn}$ – витрати на процес монтування обладнання (або будівництва) b_{mn} -го заходу; $S_{\text{пр } mn}$ – витрати на проектно-дослідні роботи для реалізації b_{mn} -го заходу; $S_{\text{ф } mn}$ – витрати на функціонування обладнання, що передбачається впровадити під час реалізації b_{mn} -го заходу; $S_{\text{прост } mn}$ – економічний ефект або втрати, отримані внаслідок зміни продуктивності технологічного обладнання цеху, викликані його простоюванням під час монтувань або інтенсивнішої експлуатації в результаті впровадження b_{mn} -го заходу.

$$S_{\text{прост}} = \sum_{j=1}^A \sum_{n=1}^G \overline{C}_j \cdot \left(1 + \frac{(T_{\text{монт } nj} + T_{\text{то } nj})}{T_{\text{шт } j}} \right) \cdot k_{\text{npjn}} \cdot \alpha_{jn}, \quad (3)$$

де \overline{C}_j – середньостатистична собівартість виготовлення деталей на j -й моделі основного технологічного обладнання (j -му джерелі травмувань):

$$\overline{C}_j = \frac{\sum_{p=1}^P C_{pj} \cdot T_{\text{шт } jp} \cdot N_p}{\sum_{p=1}^P T_{\text{шт } jp} \cdot N_p}, \quad (4)$$

де C_{pj} – технологічна собівартість p -ї деталіоперації; k_{npjn} – коефіцієнт, що враховує підвищення ($k_{\text{npjn}} < 1$) або зменшення ($k_{\text{npjn}} > 1$) продуктивності j -го основного технологічного обладнання внаслідок впровадження обладнання та систем, передбачених b_{mn} -м заходом; $\alpha_{jn} = 1$, якщо передбачається впровадження n -го заходу на j -му обладнанні, $\alpha_{jn} = 0$, у протилежному випадку; $T_{\text{шт } jp}$ – штучний час технологічної операції, що виконується на j -му обладнанні над p -ю деталлю ($p = \overline{1, P}$; $j = \overline{1, A}$); N_p – програма випуску p -х деталей; (γ) – ефективність всіх заходів повинна бути позитивна, тобто впровадження кожного n -го заходу m -го виду для кожного j -го джерела травматизму повинно забезпечувати зменшення інтегрального рівня травмонебезпеки; (д) – всі

запропоновані заходи повинні бути доцільними для відповідного j -го джерела травмонебезпеки з можливістю конструкторської та технологічної реалізації плану та з врахуванням його технічної та експлуатаційної спадковості; (e) – величина середньостатистичного штучного часу виконання технологічної операції на кожному j -му обладнанні ($j = \overline{1, A}$), змінена внаслідок впровадження обладнання та систем його функціонування, передбачених реалізацією n -го заходу m -го виду, не повинна перевищувати такт випуску виробів (F_d – дійсний річний фонд часу роботи обладнання (для двозмінної роботи основного технологічного обладнання $F_d=4020$ год); η_j – нормативний коефіцієнт завантаження j -го джерела травматизму ($\eta_j \approx 0,85$); N – річна програма випуску деталей).

Вищенаведена математична модель являє собою задачу цілочислового нелінійного програмування з булевими змінними. Алгоритм розв'язання цієї задачі використовує процедуру направлено пошуку за евристичними правилами [1].

Висновок. Отже, можна зробити висновок, що запропонована структура автоматизованої системи планування заходів з охорони праці враховує технічні, економічні та організаційні аспекти формування системи заходів запобігання виробничому травматизму на підприємствах машинобудування. Впровадження такої системи дасть змогу вирішити найважливіші питання, пов'язані зі зменшенням показників важкості та частоти травматизму.

1. Александров В.В., Горский Н.Д. Алгоритмы и программы структурного метода обработки данных. – Л.: Наука, 1993. – 208 с. 2. Березуцький В.В., Древаль О.П. Розробка універсального показника небезпечності устаткування і виробництв // Охорона праці. – 1996. – № 12. – С. 28–38. 3. Гогіташвілі Г.Г., Карчевські Є.Т., Лапін В.М, Управління охороною праці та ризиком за міжнародними стандартами: навч. посібник. – К.: Знання, 2007. – 376 с. 4. Исаков В.А., Суворов С.Б., Родин В.Е. Унифицированная номенклатура факторов опасности и риска травмирования // Безопасность и охрана труда. – 2006. – №2. – С. 55–56. 5. Родин В.Е., Исаков В.А., Суворов С.Б. Соответствие фактического состояния рабочего места требованиям безопасности // Известия ВУЗов. – 2006. – №4. – С.45–47.