

## ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО РІВНЯ ЯКОСТІ ВИРОБІВ НА СТАДІЯХ НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ І ДОСЛІДНО-КОНСТРУКТОРСЬКИХ РОЗРОБОК

У роботі розглядається методичне розв'язання задачі щодо визначення оптимального рівня якості виробів на стадіях науково-дослідних і дослідно-конструкторських розробок. У результаті вирішення сформульованого завдання запропоновані рішення, які визначають оптимальні значення якісних показників виробів, терміни розробки та освоєння серійного випуску, оптимальний розподіл матеріальних і трудових ресурсів на різних стадіях життєвого циклу виробів.

*Ключові слова:* якість виробів, науково-дослідні розробки, дослідно-конструкторські розробки

M.A. ZENKIN, O.V. BORKO, A.S. ZENKIN

Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

### DETERMINATION OF THE OPTIMUM LEVEL OF PRODUCTS QUALITY IN THE STAGES OF SCIENTIFIC-RESEARCH AND RESEARCH-DESIGN DEVELOPMENT

The aim of research is to determine the optimal level of quality of products that developed and produced. In this article the optimal value of each quality indicators of product are determined; the functions of wastes of products consumer properties are constructed rejecting each of the quality indicators of their optimal values in either direction. Criteria of quality optimal level of developed products and mathematical programming problem are formulated. There are proposed the solutions that determine the optimal values of quality indicators of products that are developed and manufactured, development time and batch release, optimal distribution of material and human resources at different stages of products life cycle. The accounting treatment of problem decision as to determine the optimal level of quality of products that produced are described and the optimum values of quality indicators of products are determined in the article.

*Keywords:* quality of products, scientific-research development, research-design development

#### Вступ

Якість продукції машинобудування національного виробника є пріоритетним у міжнародній конкурентній боротьбі. Для України проблема якості особливо актуальна, так як однією із складових успішного виходу українського машинобудування у відкритий міжнародний торгівельно-економічний простір є випуск конкурентоспроможної продукції [5, 9].

Для підвищення якості продукції велике значення має встановлення її оптимального рівня (особливо на етапі її формування), при якому потреби народного господарства та населення задовольняються найменшими витратами суспільної праці [7]. Найбільш відповідальним етапом формування якості продукції, що випускається, є науково-дослідні та дослідно-конструкторські розробки (НДР і ДКР), у процесі яких визначається економічно доцільний і технічно допустимий рівень якості розроблюваних виробів, а також перелік регламентованих державними, галузевими і заводськими стандартами якісних показників, допустимі їх граничні значення. Визначення ефективності НДР на різних рівнях суспільного виробництва дозволяє раціонально розподіляти обсяги фінансування, науковий потенціал, сприяє розвитку науково-технічного прогресу [2, 3].

#### Постановка проблеми та аналіз попередніх досліджень

У результаті опрацювання літературних даних [3, 8] встановлено, що визначення оптимального рівня якості розроблюваних виробів тісно пов'язане з визначенням продукції, що випускається, вимогами замовника, прогнозом необхідних обсягів серійного виробництва, передбачуваного ринку виробів, які виділяються підприємству додатковими матеріальними та трудовими ресурсами на технічне переозброєння, реконструкцію і технологічну підготовку виробництва, а також із забезпеченням серійного випуску, встановленими термінами освоєння серійного випуску, з передбачуваною ціною на виріб на зовнішньому і внутрішньому ринках та з багатьма іншими факторами.

Методологічні підходи до оцінки цих видів робіт були сформовані наприкінці 80-х років, але з тих часів економічне середовище, у якому здійснюються наукові дослідження, потерпіло істотні зміни. Тепер необхідні нові підходи до оцінки результативності НДР. Крім перерахованих проблем істотний інтерес викликають питання, пов'язані з оцінкою ефективності НДР, проведених у вищих навчальних закладах України за рахунок державних грантів. Ці питання неодноразово піднімалися на різноманітних наукових форумах, проте загальна думка дотепер не сформована.

Запропонована нами методика, основні положення якої викладено у статті, може стати внеском в удосконалення існуючої методології розрахунку ефективності НДР, у першу чергу, в вищих навчальних закладах.

У роботах [1, 3, 5] показано, що для оцінки науково-технічного рівня результатів науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт (НДДКР) слід відібрати декілька найбільш істотних технічних параметрів, у яких найбільш зацікавлені майбутні користувачі технологій, продукції, послуг, способів виконання робіт. Зокрема, це може бути продуктивність, надійність в експлуатації, енерго- і матеріаломісткість, показники ергономічності та екологічності. Інші параметри (особливо технічні) повинні знаходитися у межах певних стандартів чи загальноприйнятого рівня і використовуватися в оцінці як

обмеження.

Оцінка науково-технічного рівня результатів НДДКР включає виконання таких етапів:

- визначення сукупності необхідних нормативно-правових документів, що відображають вимоги до нової продукції, особливо стосовно екології та безпеки, що пред'являються у країнах її можливого продажу та фірмами-конкурентами, міжнародні вимоги;
- визначення переліку технічних і техніко-економічних показників, необхідних для оцінки науково-технічного рівня;
- формування групи аналогів, що реалізуються на світовому (вітчизняному) ринках, і встановлення значень їх техніко-економічних показників;
- співставлення значень параметрів майбутньої нової продукції, яка буде одержана у результаті виконання НДДКР, з вимогами нормативних документів (міжнародних, регіональних, національних стандартів) і параметрами аналогів.

Незважаючи на значну кількість публікацій [1–4] про підвищення якості продукції машинобудування як найважливішого резерву економічного зростання підприємства, складний і суперечливий характер взаємозв'язку ефективності виробництва і якості продукції, визначення оптимального рівня якості виробів на етапах їх виробництва, а також вплив механізму управління якістю на кінцеві результати на стадіях проектування, виробництва (у т.ч. на стадіях науково-дослідних і дослідно-конструкторських розробок) та експлуатації недостатньо вивчені. Тому визначення оптимального рівня якості продукції машинобудування, що розробляється (на стадії науково-дослідних і дослідно-конструкторських розробках) є актуальною проблемою досліджень сьогодення.

Найбільш відповідальним етапом формування якості продукції, що випускається, є науково-дослідні і дослідно-конструкторські розробки. У ході них оцінюється економічно доцільний і технічно допустимий рівень якості виробів, що розробляються, визначається перелік регламентованих державними, галузевими і заводськими стандартами якісних показників, їх допустимі значення.

Науково-технічний рівень результатів наукових досліджень визначають за ознаками, які порівнюють, у тому числі й з вітчизняними аналогами, що дозволяє виявити на скільки ці результати перевищують кращі світові аналоги, відповідають світовому рівню, і є нижчими за кращі світові аналоги.

Усе вище викладене дозволило сформулювати мету та подальші завдання досліджень.

Метою роботи є розробка методики вирішення задач щодо визначення оптимального рівня якості виробів на етапі науково-дослідних і дослідно-конструкторських розробок та їх формування для підвищення якості і конкурентоспроможності машинобудівної продукції, що випускається.

Для вирішення поставленої мети передбачено очевидно вирішення цілого ряду задач:

- визначити оптимальні значення якісних показників виробів та побудувати функції втрат споживчих властивостей виробу при відхиленні кожного з якісних показників від їх оптимальних значень;
- необхідно сформулювати критерії оптимального рівня якості розроблюваних виробів та завдання математичного програмування;
- і в результаті запропонувати рішення, які визначають оптимальні значення якісних показників виробів, що розробляються і випускаються, терміни розробки та освоєння серійного випуску, оптимальний розподіл матеріальних і трудових ресурсів на стадіях науково-дослідних та дослідно-конструкторських розробок.

### Результати проведених досліджень

Приймаючи за основу, що у цих умовах завдання визначення оптимального рівня якості розроблюваних виробів може бути сформульоване у вигляді завдання багатокритеріальної оптимізації, нехай якість розроблюваного виробу характеризується цілою сукупністю якісних показників  $Y_i, i = 1, \dots, m$ .

На підставі аналізу кращих вітчизняних і світових досягнень у цій галузі, для прогнозування технічного рівня виробів на перспективу можуть бути визначені оптимальні значення кожного з якісних показників виробу  $V_i, i = 1, \dots, m$ , а також побудовані функції втрат споживчих властивостей виробу (у вартісному вираженні) при відхиленні кожного з якісних показників від їх оптимальних значень у ту чи іншу сторону.

$$C = \psi(v_1 - Y_1, v_2 - Y_2, \dots, v_i - Y_i, \dots, v_m - Y_m, Y_1 - v_1, \dots, Y_i - v_i, \dots, Y_m - v_m)$$

Для спрощення зробимо припущення, що розглянуті функції втрат є адитивними:

$$C_{1i} = \psi_{1i}(V_i - Y_i), C_{2i} = \psi_{2i}(Y_i - V_i), i = 1, \dots, m, C = \sum_{i=1}^m (C_{1i} + C_{2i})$$

Відповідно до призначення і технічних умов на розроблювані вироби всі якісні показники можуть бути проранговані за ступенем важливості на підставі думки експертів.

Нехай рангувальний ряд, в якому можуть бути виділені також рівнозначні за рівнем важливості показники, має вигляд:

$$I = \{[i_1, i_2, \dots, i_{L1}] > [i_{L1+1}, \dots, i_{L2}] > \dots [i_{Ll+1}, \dots, i_m]\} \quad (1)$$

Крім того, для окремих якісних показників можуть бути встановлені верхні та нижні граничні значення  $d_{1i}, d_{2i}$ , за межами яких продукція перестане задовольняти своє призначення. Отже, при

встановленні оптимального рівня якості виробів на значення  $y_i$  повинні бути накладені обмеження:

$$d_{1i} \leq y_i \leq d_{2i}, i = 1, \dots, m \tag{2}$$

Зауважимо, що, якщо такі обмеження не накладаються, то у виразі можна поставити  $d_{1i} = -\infty, d_{2i} = \infty$ , а також зазначимо, що обмеження (2) можуть бути відображені відповідною побудовою функцій  $C_{1i}, C_{2i}$ , тобто

$$\begin{aligned} C_{1i} &= \psi_{1i}(V_i - Y_i) = -\infty, \text{ якщо } y_i < d_{1i} \\ C_{2i} &= \psi_{2i}(V_i - Y_i) = \infty, \text{ якщо } y_i > d_{2i} \end{aligned} \tag{3}$$

Нехай, крім того, побудовані (для встановлених обсягів виробництва виробів, виходячи з потреб народного господарства) функції граничних відхилень якісних показників від їх оптимальних значень залежно від витрат різного виду матеріальних і трудових ресурсів на всіх стадіях життєвого циклу виробу в процесі розробки, підготовки виробництва, серійного випуску, забезпечення гарантійного обслуговування виробів:

$$V_i - Y_i = f_{1i}^\tau(x_{1i}^\tau, x_{2i}^\tau, \dots, x_{ni}^\tau), \quad Y_i - V_i = f_{2i}^\tau(x_{1i}^\tau, x_{2i}^\tau, \dots, x_{ni}^\tau), \quad \tau = 1, 2, 3, 4; i = 1, \dots, m \tag{4}$$

Тут  $\tau = 1$  відповідає стадії НДР, ДКР, виготовлення та випробування дослідного зразка,  $\tau = 2$  - підготовки виробництва,  $\tau = 3$  - забезпечення серійного випуску (витрати на рік),  $\tau = 4$  - забезпечення гарантійного обслуговування. Зауважимо, що витрати різного виду матеріальних і трудових ресурсів для забезпечення серійного випуску виробів у запланованому обсязі зі встановленим рівнем якості не є рівномірними по роках серійного випуску і можуть враховуватися функціями:

$$\begin{aligned} V_i - Y_i &= f_{1i}^{3\theta}(x_{1i}^{3\theta}, x_{2i}^{3\theta}, \dots, x_{ni}^{3\theta}), \\ Y_i - V_i &= f_{2i}^{3\theta}(x_{1i}^{3\theta}, x_{2i}^{3\theta}, \dots, x_{ni}^{3\theta}), \\ \theta &= 1, \dots, T, i = 1, \dots, m \end{aligned} \tag{5}$$

Аналогічним чином слід враховувати витрати ресурсів на забезпечення гарантійного обслуговування.

Крім того, можуть бути побудовані функції тривалості НДР і ДКР, підготовки виробництва та освоєння серійного випуску залежно від встановлених якісних показників розроблених виробів і використовуваних відповідно до виразів (3) ресурсів.

$$t^\tau = \varphi^\tau(V_i - Y_i, \dots, V_m - Y_m, x_{1L}^{3\theta}, \dots, x_{n1}^{3\theta}, \dots, x_{1m}^{3\theta}, \dots, x_{nm}^{3\theta}), \tau = 1, 2, 3 \tag{6}$$

Нехай відпускна ціна виробів залежить від їх якісних показників та року серійного випуску і залежність ця має вигляд:

$$C_i^\theta = \varphi^\theta(v_1 - y_1, v_2 - y_2, \dots, v_m - y_m, y_1 - v_1, \dots, v_m - y_m), \theta = 1, \dots, T \tag{7}$$

На витрати матеріальних ресурсів (як у вартісних, так і у натуральних показниках) на різних стадіях життєвого циклу виробів і на час, відведений для освоєння серійного випуску виробів у запланованих обсягах  $B^\theta, \theta = 1, \dots, T$ , накладаються обмеження, які можуть бути записані в вигляді:

$$\max_{1 \leq i \leq m} x_{ji}^\tau \leq b_j^\tau, j = 1, \dots, n, \tau = 1, 2, 3 \tag{8}$$

$$\max_{1 \leq i \leq m} x_{ji}^{4\theta} + \max_{1 \leq i \leq m} x_{ji}^\theta \leq b_j^\theta, j = 1, \dots, n, \theta = 1, \dots, T \tag{9}$$

$$\sum_{j=1}^n a_j * \max_{1 \leq i \leq m} x_{ji}^\tau \leq A^\tau, \tau = 1, 2, 4 \tag{10}$$

$$\sum_{j=1}^n \left( \max_{1 \leq i \leq m} x_{ji}^{3\theta} + \max_{1 \leq i \leq m} x_{ji}^{4\theta} \right) * \alpha_j^\theta \leq A^\theta, \theta = 1, \dots, T \tag{11}$$

$$\sum_{\tau=1}^3 t^\tau \leq W \tag{12}$$

де  $\alpha_j, \alpha_j^\theta$  - вартість одиниці ресурсів  $j$ -го виду відповідно на стадіях НДР і ДКР, підготовки і технічного переозброєння виробництва та освоєння серійного випуску, а також протягом серійного випуску виробів (по роках);

$W$  - директивний термін освоєння серійного випуску виробів.

Критерій оптимального рівня якості розроблених виробів сформулюємо у вигляді функціоналу сумарно приведенного прибутку за період життєвого циклу виробів, який позначимо у вигляді:

$$F(T) = \sum_{\theta=1}^T \left[ B^\theta * \varphi^\theta(v_1 - y_1, \dots, v_m - y_m, y_1 - v_1, \dots, v_m - y_m) - \sum_{j=1}^n \left( \max_{1 \leq i \leq m} x_{ji}^{3\theta} + \max_{1 \leq i \leq m} x_{ji}^{4\theta} \right) * \alpha_j^\theta \right] - \tag{13}$$

$$\sum_{j=1}^n \alpha_j \left( \max_{1 \leq i \leq m} x_{ji}^1 + \max_{1 \leq i \leq m} x_{ji}^2 \right)$$

Економічно доцільний оптимальний рівень якості розроблюваних виробів та потреба у матеріальних і трудових ресурсах на різних стадіях життєвого циклу виробів і по роках серійного випуску може бути знайдена у результаті вирішення завдання мінімізації функціоналу (13) в умовах обмежень (2), (4), (6), (8) - (12) і зводиться, у загальному випадку, до багато екстремального завдання математичного програмування щодо змінних  $y_i, i = 1, \dots, m, x_{ji}^\tau, x_{ji}^{3\theta}, x_{ji}^{4\theta}, t^\tau, j = 1, \dots, n, \tau = 1, 2, 4, 0 = 1, \dots, T$ .

У цьому випадку функціонал сумарно приведенного прибутку за період життєвого циклу виробу має вигляд:

$$F(T) = \sum_{\theta=1}^T \left\{ \left[ B^\theta * \varphi^\theta(v_1 - y_1^\theta, v_2 - y_2^\theta, \dots, v_m - y_m^\theta, y_1^\theta - v_1, \dots, y_m^\theta - v_m) - \sum_{j=1}^n * \alpha_j \sum_{\tau=1}^4 \max_{1 \leq i \leq m} x_{ji}^{\tau\theta} \right] - \left[ \sum_{j=1}^n * \alpha_j \left( \max_{1 \leq i \leq m} x_{ji}^1 + \max_{1 \leq i \leq m} x_{ji}^2 \right) \right] \right\} \quad (14)$$

а обмеження завдання - (2), (4), (6), (12) і

$$\sum_{\tau=1}^4 \max_{1 \leq i \leq m} x_{ji}^{\tau\theta} \leq b_j^\theta, j = 1, \dots, n, \theta = 1, \dots, T \quad (15)$$

$$\sum_{\theta=1}^T \max_{1 \leq i \leq m} x_{ji}^{\tau\theta} \leq b_j^\tau, j = 1, \dots, n, \tau = 1, 2, 4 \quad (16)$$

$$\sum_{\theta=1}^T * \alpha_j^{\theta\tau} \max_{1 \leq i \leq m} x_{ji}^{\tau\theta} + \alpha_j \max_{1 \leq i \leq m} x_{ji}^\tau \leq A^\tau, \tau = 1, 2, 4 \quad (17)$$

$$\sum_{\tau=1}^4 \sum_{j=1}^m \alpha_j^{\theta\tau} * \max_{1 \leq i \leq m} x_{ji}^{\tau\theta} \leq A^\theta, 1, \dots, T \quad (18)$$

Розглянуті вище завдання можуть бути узагальнені для випадку, коли виробниче об'єднання розробляє, здійснює підготовку виробництва та освоєння серійного випуску цілої групи виробів,  $\lambda = 1, \dots, L$ . При цьому терміни освоєння серійного випуску, обсяги виробництва по роках для кожного виробу і сумарні витрати кожного виду ресурсів обмежуються вищестоящими органами. У цьому випадку визначення оптимального рівня всіх розроблюваних та випущених виробів, а також розподіл матеріальних і трудових ресурсів по роках розробки і випуску зводяться до вирішення задачі математичного програмування виду:

$$F(T) = \sum_{\lambda=1}^L \left\{ \left[ B_\lambda^\theta * \psi_\lambda^\theta(v_{1\lambda} - y_{1\lambda}^\theta, v_{2\lambda} - y_{2\lambda}^\theta, \dots, v_{m\lambda} - y_{m\lambda}^\theta, y_{1\lambda}^\theta - v_{1\lambda}, \dots, y_{m\lambda}^\theta - v_{m\lambda}) - \sum_{j=1}^n * \alpha_j \sum_{\tau=1}^4 \max_{1 \leq i \leq m\lambda} x_{\lambda ji}^{\tau\theta} \right] - \left[ \sum_{j=1}^n * \alpha_j \left( \max_{1 \leq i \leq m\lambda} x_{\lambda ji}^1 + \max_{1 \leq i \leq m\lambda} x_{\lambda ji}^2 \right) \right] \right\} \quad (19)$$

$$d_{\lambda i} \leq y_i \leq d_{\lambda 2i}, i = 1, \dots, m_\lambda, \lambda = 1, \dots, L \quad (20)$$

$$\sum_{\lambda=1}^L \sum_{\tau=1}^4 \max_{1 \leq i \leq m} x_{\lambda ji}^{\theta\lambda} \leq b_j^\theta, j = 1, \dots, n, \theta = 1, 2, \dots, T \quad (21)$$

$$\sum_{\theta=1}^T \sum_{\lambda=1}^L \max_{1 \leq i \leq m} x_{\lambda ji}^{\theta\lambda} \leq b_j^\tau, j = 1, \dots, n, \tau = 1, 2, 4 \quad (22)$$

$$\sum_{\lambda=1}^L \sum_{\theta=1}^T \alpha_j^{\theta\tau} \max_{1 \leq i \leq m\lambda} x_{\lambda ji}^{\tau\theta} + \alpha_j \max_{1 \leq i \leq m\lambda} x_{\lambda ji}^{\tau\theta} \leq A^\tau, \tau = 1, 2, 4 \quad (23)$$

$$\sum_{\lambda=1}^L \sum_{j=1}^n \alpha_j^{\theta\tau} \max_{1 \leq i \leq m\lambda} x_{\lambda ji}^{\tau\theta} \leq A^\theta, 1, \dots, T \quad (24)$$

$$\sum_{\tau=1}^3 t_\lambda^\tau \leq W_\lambda, \lambda = 1, \dots, L \quad (25)$$

Вирішення завдань (19)–(25) або (2), (4), (6), (12), (14)–(18) може здійснюватись діалоговими методами оптимізації [6, 8].

У результаті вирішення сформульованого завдання математичного програмування частина обмежень (20)–(25) виконуються як строгі рівності. Експерти, оцінюючи отримані результати, можуть послабити або посилити деякі граничні значення на якісні показники окремих виробів (обмеження (20)), або на терміни освоєння їх серійного випуску, на сумарні витрати і трудові ресурси на різних стадіях життєвого циклу виробів. Вносячи корективи в обмеження завдань і отримуючи нові рішення, експерти оцінюють результат з точки зору можливості при внесенні зміни умов завдання досягти суттєвого поліпшення якісних показників найважливіших виробів, істотного скорочення термінів їх розробки та освоєння серійного випуску, зниження матеріальних і трудових витрат. У процесі внесення коректив всі варіанти, які варті уваги, зберігаються у пам'яті ЕОМ і служать підставою при підготовці обґрунтувань для вищих органів з

метою зміни технічних вимог на розроблювані вироби, збільшення обсягів виділених матеріальних чи трудових ресурсів на окремі планові періоди, збільшення термінів на розробку та освоєння серійного випуску.

Варто зазначити, що у цілому ряді випадків якості виробів визначається головним чином лише деякою групою найважливіших показників значення, які повинні оптимізуватися у першу чергу. На досягнення цих цілей слід головним чином спрямувати основні обсяги виділених матеріальних і трудових ресурсів, вимагаючи при цьому досягнення значень інших якісних показників в умовах граничних значень (2). При цьому ступінь важливості різних якісних показників визначається рангувальним рядом (1), і оптимізація значень групи якісних показників, що стоять правіше у рангувальному ряду, повинна досягатися за умови того, що при цьому не погіршиться значення більш важливих якісних показників. Задоволення цих вимог досягається застосуванням у завданнях визначення оптимального рівня якості розроблюваних виробів методів лексикографічного впорядкування у задачах багатокритеріальної оптимізації [2] або методів послідовних вчинків [6].

У цих умовах вирішення завдання визначення оптимального рівня якості розроблюваних виробів і виробів, що випускаються має здійснюватися за наступною методикою.

Нехай при одночасній розробці та випуску цілого ряду виробів рангувальний ряд, який визначає ступінь важливості окремих показників і виробів, має вигляд:

$$M = \left\{ \begin{aligned} & \left[ (i_1, I_1^1), \dots, (i_1, I_k^1), \dots, (i_L, I_k^L), \dots, (i_L, I_k^L) \right] \succ \left[ (i_1, I_{k+1}^1), \dots, (i_1, I_s^1), \dots, (i_L, I_{k+1}^L), \dots, (i_L, I_s^L) \right] \\ & \succ \left[ (i_1, I_{p+1}^1), \dots, (i_1, I_m^1), \dots, (i_L, I_m^L) \right] \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

де  $i_1, \dots, i_L$  – індекси виробів, що випускаються і розробляються,

$I_s^1$  – індекс  $s$ -го якісного показника  $I$ -го виробу.

Квадратними дужками об'єднані у групи якісні показники різних виробів, однакові за ступенем важливості. В окремому випадку, окремі групи можуть складатися лише з одного показника єдиного виробу, декількох показників тільки одного виробу, одного показника декількох виробів. Позначимо  $M_\rho, \rho = 1, \dots, R$ , - безліч  $(\lambda, i)$   $(i_\pi, I_\nu^\pi)$ , що входять в  $\rho^{-10}$  за ступенем важливості групу. Вирішення завдання здійснюється у кілька етапів. На першому етапі формулюється і вирішується завдання математичного програмування виду:

$$\Phi_1 = \sum_{(\lambda, i) \in M_1} [\psi_{1i}^\lambda (V_i^\lambda - Y_i^\lambda) + \psi_{2i}^\lambda (Y_i^\lambda - V_i^\lambda)] \rightarrow \min \quad (27)$$

за умови виконання всієї системи обмежень (20) - (25).

У результаті вирішення сформульованого завдання визначаються оптимальні значення групи якісних показників виробів, що входять у першу за ступенем важливості групу, тобто значення  $y_{i,1}^\lambda, (i, \lambda) \in M_1$ . Експерт, оцінюючи отримані на першому етапі результати, призначає допустимі відхилення (в ту і іншу сторону  $\Delta Y_1, \Delta Y_2$ ) окремих якісних показників і критерії оптимальності  $\Phi_1$  від їх оптимальних значень  $Y_{i1}^\lambda$  і  $\Phi_1^*$ , після чого формулюється і вирішується завдання другого етапу:

$$\Phi_2 = \sum_{(\lambda, i) \in M_2} [\psi_{1i}^\lambda (V_i^\lambda - Y_i^\lambda) + \psi_{2i}^\lambda (Y_i^\lambda - V_i^\lambda)] \rightarrow \min \quad (28)$$

За умов (20)–(25) і додаткових вимогах:

$$Y_{i,1}^\lambda - \Delta Y_{i1}^\lambda \leq Y_i^\lambda \leq Y_{i,1}^\lambda + \Delta Y_{i2}^\lambda, \quad (29)$$

$$(i, \lambda) \in M_1, \Phi_1 \geq \nu \Phi_1^*, \text{ де } \nu \geq 1 \quad (30)$$

Зауважимо, що у методі послідовних поступок окремі значення  $\Delta Y_{i1}^\lambda$  і  $\Delta Y$  можуть бути рівними нулю, а у методах лексикографічного впорядкування критеріїв  $\Delta Y_{i1}^\lambda = \Delta Y_{i2}^\lambda = 0, \nu_1 = 1$ . Послідовно здійснивши  $R - 1$  етапів вирішення на останньому етапі формулюється і вирішується завдання.

$$\Phi_R = \sum_{(\lambda, i) \in M_R} [\psi_{1i}^\lambda (V_i^\lambda - Y_i^\lambda) + \psi_{2i}^\lambda (Y_i^\lambda - V_i^\lambda)] \rightarrow \min \quad (31)$$

$$Y_{i,1}^\lambda - \Delta Y_{i1}^\lambda \leq Y_i^\lambda \leq Y_{i,\rho}^\lambda + Y_{i2}^\lambda, \quad (32)$$

$$(i, \lambda) \in M_\rho, \rho = 1, \dots, R - 1, \Phi_\rho \geq \nu_\rho \Phi_\rho, \text{ де } \rho = 1, \dots, R - 1 \quad (33)$$

Результат вирішення визначає оптимальні значення якісних показників виробів, що розробляються і випускаються, терміни розробки та освоєння серійного випуску, оптимальний розподіл матеріальних і трудових ресурсів на різних стадіях життєвого циклу виробів.

Зауважимо, що у процесі виконання завдання у діалоговому режимі, варіюючи значення  $\Delta \delta_{i1}^\lambda, \Delta \delta_{i2}^\lambda$  і

$V_p$  на певних етапах оптимізації, можна отримувати цілу безліч оптимальних рішень, які на подальших етапах прийняття рішень можуть піддаватися всебічному техніко-економічному аналізу.

### Висновки

У результаті проведення досліджень наведено основні методики вирішення задач щодо визначення оптимального рівня якості виробів, що випускаються:

1. Визначені оптимальні значення кожного з якісних показників виробу, побудовані функції втрат споживчих властивостей виробу (у вартісному вираженні) при відхиленні кожного з якісних показників від їх оптимальних значень в ту чи іншу сторону.

2. Критерії оптимального рівня якості розроблюваних виробів сформульовані у вигляді функціоналу сумарно приведенного прибутку за період життєвого циклу виробів, який визначається за проблематичною залежністю.

3. Сформульоване завдання математичного програмування. Експерти, оцінюючи отримані результати, можуть послабити або посилити деякі граничні значення на якісні показники окремих виробів, або на терміни освоєння їх серійного випуску, на сумарні витрати і трудові ресурси на різних стадіях життєвого циклу виробів.

4. Запропоновані рішення, які визначають оптимальні значення якісних показників виробів, що розробляються і випускаються, терміни розробки та освоєння серійного випуску, оптимальний розподіл матеріальних і трудових ресурсів на різних стадіях життєвого циклу виробів.

### Література

1. Зенкін А. С. Адаптація системи збалансованих показників для оцінки якості складання машин / А. С. Зенкін, Г. І. Хімичева, К. І. Шишкевич // Технологія і техніка друкарства. – 2012. – № 1 (35). – С. 74–80.
2. Зенкін А. С. Кваліметрія / А. С. Зенкін, В. П. Куценко, Г. І. Хімичева, М. В. Трегубов. – Донецьк : ІППШ «Наука і освіта», 2013. – 340 с.
3. Зенкін А. С. Методика оцінки вартісних характеристик однорідної продукції / А. С. Зенкін, Г. І. Хімичева, А. В. Баланюк // Вісник національного технічного університету «КПІ». – 2012. – № 18. – С. 21–25.
4. Зенкин Н. А., Федин С. С., Тамими Х. М. Математические методы определения оптимального уровня качества изделий на стадиях научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок / Н. А. Зенкин, С. С. Федин, Х. М. Тамими // Прогрессивные технологии и системы машиностроения 6 международный сборник научных трудов. – Донецк : ДонГТУ, 1999. – Вып 7. – С. 68–75.
5. Ковальов О. І. Менеджмент якості функціонування підприємств / О. І. Ковальов, А. С. Зенкін, А. І. Хімичева. – Хмельницький : ПП ЦЮПАК, 2010. – 520 с.
6. Папандімітру Х. Комбінаторна оптимізація / Х. Папандімітру, К. Стайнгліц // Алгоритми і складність. – М. : Світ, 1985. – 510 с.
7. Приймаков О. Г. Методологія досліджень та оптимізація ринкової економіки / Приймаков О. Г. – Харків : «Оберіг», 2007. – 336 с.
8. Сінгх М. Системи: декомпозиція, оптимізація та управління / М. Сінгх, А. Тітлі. – М. : Машинобудування, 1986. – 495 с.
9. Борко В. О. Управління створенням наукоємної продукції у машинобудуванні / В. О. Борко, А. С. Зенкін // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія «Технічні науки» – 2015. – № 1 (82). – С. 144–149.

Рецензія/Peer review : 16.2.2016 р.

Надрукована/Printed : 19.4.2016 р.  
Рецензент : д.т.н., проф. Хімичева А.І.