

УДК 658.821

Григор'єва Н.С. д.т.н., проф., Шабайкович В.А. д.т.н., проф, Марчук І.В., к.т.н., доц.  
Луцький національний технічний університет

### ПОПЕРЕДНЄ ВИЗНАЧЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПРИЛАДІВ ПЕРЕД ЇХ РОЗРОБКОЮ

*Розроблена методика випереджувальної оцінки конкурентоспроможності проектуємих приладів, що забезпечує появу на ринку високоякісної продукції. Більшість робіт при визначенні конкурентоспроможності зосереджено на визначенні виробничих і експлуатаційних витрат вже готових приладів. Однак ці дані повинні бути одержані заздалегідь, ще до їх проектування. Методика випереджувальної оцінки конкурентоспроможності полягає в управлінні основними технологічними і конструкційними чинниками, до яких відноситься вплив окремих властивостей на конкурентоспроможність через коефіцієнти кореляції, більшість з яких визначається з рівнянь регресії. Збільшити конкурентоспроможність можна за рахунок застосування технічних інновацій як конструкцій, так і технологій, інтелектуальних систем підтримки прийняття технологічно-конструкційних рішень, а також віртуалізації, котрі враховують як результати перебігу віртуальних складальних процесів, так і наслідки віртуальної експлуатації приладів. При цьому розраховується інтегральний показник якості та конкурентоспроможності.*

**Ключові слова:** конкурентоспроможність, оцінка, методика, чинники, випередження.

Конкурентоспроможність є інтегральною величиною, що характеризує привабливість приладів для споживача та прибутковість для виробника. Безумовно, в гнучкому модульному виробництві взагалі, складанні приладів зокрема повинна забезпечуватися конкурентоспроможність продукції, інакше кінцевим етапом буде банкрутство та компрометація такого виробництва. Необхідно зауважити, що кожний прилад в потрібній кількості та якості може бути виготовленим з різною ефективністю при різних типах і організаціях виробництва. Але навіть при сприйнятих виробничих витратах при значних експлуатаційних або високій ціні конкурентоспроможність приладів може бути під загрозою. Тому випереджувальна оцінка конкурентоспроможності розроблюваних і впроваджуваних в гнучке модульне складальне виробництво технологічно-конструкційних рішень є надзвичайно важлива, оскільки вже на проектній стадії технічної підготовки виробництва можна вибрати найкращі рішення та усунути неконкурентоспроможні в майбутньому. Статистика відмічає [1], що лише 10% розроблюваних технологій впроваджується у виробництво, решта з різних причин відсіюється. Подібний стан з технологічним обладнанням та оснащенням.

Більшість робіт [1, 2] зосереджується на виробничих і експлуатаційних витратах, тобто встановленні конкурентоспроможності вже готових приладів, хоча більшу цікавість представляє питання чи буде прилад конкурентоспроможний, якщо організувати його виробництво. Формування конкурентоспроможності проходить у виробника на рівні виробничих витрат і досягнутому ефекті, тобто рівні його якості у порівнянні з найкращим базовим варіантом аналогів. Велике значення має правильний вибір такого варіанту за групами показників призначення, надійності, економічного використання ресурсів, обмеження шкідливих впливів і стандартизації, а при необхідності і інших. В загальному їх можна поділити на технічні показники і економічні. Підлягають порівнянню мінімальна, але достатня кількість таких показників в кожному конкретному випадку. При їх аналізі вибираються класифікаційні, оцінювальні та обмежувальні показники, що відрізняються за значенням не більше 10%. Якщо класифікаційні показники, як правило, є показниками призначення, обмежувальні - показники обмеження шкідливих впливів, то оцінювальні - будуть всі інші, що характеризують функціональні, ресурсозберігаючі, ергономічні, естетичні сторони приладу. Невистачаючі значення показників конкурентоспроможності при їх аналізі можуть бути одержаними апроксимацією, хоча це і не є найкращим рішенням. При гнучкому складанні приладів слід орієнтуватися на усереднений варіант приладу за працемісткістю його складання з коригуванням на варіант з найбільшою працемісткістю.

Точка зору, що конкурентоспроможність розглядається у двох аспектах: ефекту витрат у виробника та споживача [3] є неповною, оскільки підставою конкурентоспроможності є власне

конструкційна досконалість приладу (рис. 1). Як би не змінювалися вказані витрати при недосконалій конструкції приладу, досягнути конкурентоспроможності неможливо.

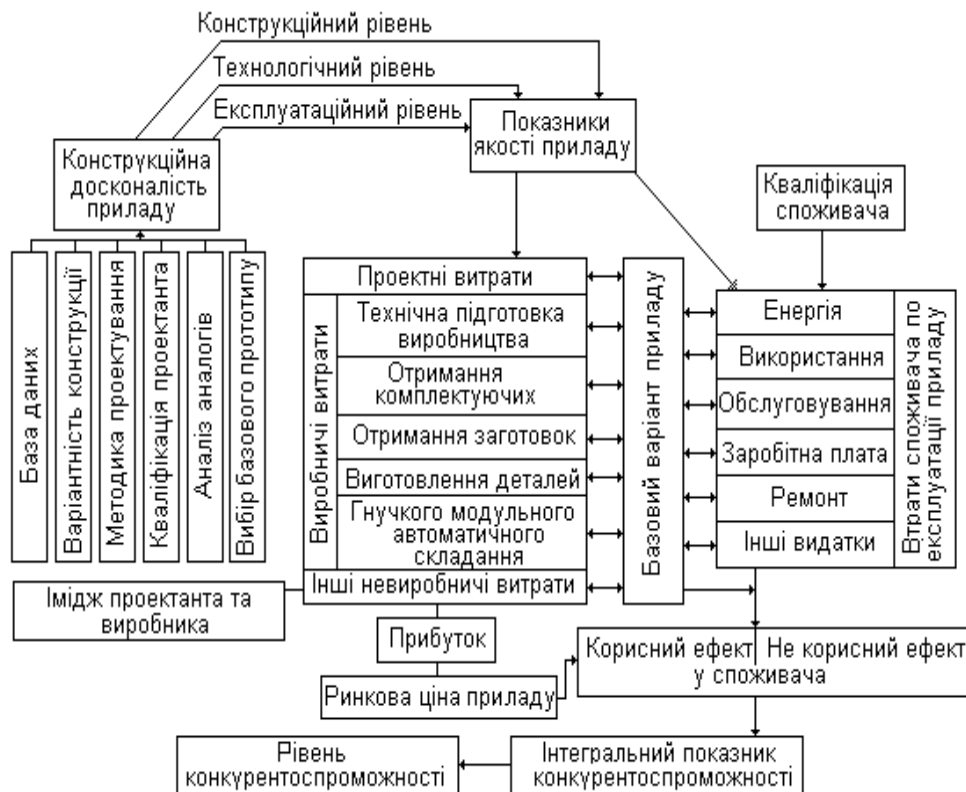


Рис. 1. Схема формування конкурентоспроможності приладу

Забезпечення конструкційної досконалості приладу – одне з найскладніших завдань, яке досягається крім застосування сучасної методики проєктування, бази даних, аналізу аналогів та встановлення прототипу, високою кваліфікацією проєктувальників і декількома варіантами конкурентоспроможних конструкцій. При розробці одного з кращих літаків-розвідників Y-2 замовлення на його конструкцію було розміщено серед трьох фірм. При вартості замовлення одного варіанту 5-6 мільярдів доларів США конкурс виграла фірма Локхід (США) і цей літак після ряду модернізацій експлуатується і донині. Тому варіантування приладів повинно проводитись в залежності від його значення в галузі та очікуваних ефектів в майбутньому.

Конструкційна досконалість приладу може оцінюватись конструкційним, технологічним і експлуатаційним рівнями, котрі визначають його показники якості, що мають бути підвищеними у порівнянні з вибраним прототипом. Підвищення якості приладів забезпечує зростання ефективності гнучкого складання, економію виробничих потреб, краще використання виробничого обладнання та оснащення, матеріалів, енергії тощо. Таке підвищення впливає не тільки на виробничу, але і на експлуатаційну сторону виготовлення та експлуатацію приладів.

Оця друга сторона сприяє більш повному задоволенню потреб ринку, формуванню іміджу виробника, як надійного партнера на ринку і його наступний вихід на світовий ринок. Можна відмітити і інший вплив на структуру виробництва: зростання продуктивності праці, темпи та ефективність науково-технічного прогресу тощо.

Як відомо, основні типи показників якості приладів відповідають шести групам за відношенням до властивостей (призначення, надійності, технологічності, ергономічності, естетичності, стандартизації, патентно-правові та економічні), кількості властивостей (одиничні, комплексні, інтегральні), методом призначення (інтегральні, розрахункові, статистичні, органолептичні, експертні, соціологічні та комбіновані), стадією визначення (проектні, виробничі, експлуатаційні, прогнозовані), розмірністю величин (абсолютні, приведені, безрозмірні), значущістю при оцінці (основні, допоміжні) [2]. Для загальної оцінки якості приладів використовуються комплексні показники, такі як: середньоарифметичні, геометричні, квадратичні та зважені, гармонійно зважені. Їх визначення пов'язане з

використанням статистичних методів, при яких на початку визначаються закони їх розподілу, довірчі границі та інтервали для характеристик оцінюваних показників якості, порівнюються їх середні значення для встановлення випадкової чи закономірної відмінності, дисперсії характеристик якості, далі кореляційний зв'язок між двома характеристиками показників якості, параметри залежності характеристик якості від інших чинників, що можуть на них впливати, вплив чинників на зміну характеристики якості.

Оцінювання технічного рівня приладів шляхом порівняння оптимальних показників технічної довершеності з встановленими базовими значеннями прототипу проводиться за характеристиками основних показників якості, групового показника якості, органолептичної оцінки, комплексного показника якості. В якості оптимальних показників якості можуть прийматися проектні показники якості спроектованого приладу, який використовується як базовий варіант, хоча таке допущення не є цілком об'єктивним, оскільки при його виготовленні можливі зміни.

Виробничі витрати пов'язані з технічною та організаційною підготовкою виробництва, одержанням комплектуючих, заготовок, виготовленням деталей, гнучким їх складанням, іншими невиробничими витратами. Після встановлення прибутку (його величина в наших умовах повинна бути нормованою) визначається ринкова ціна приладу, котра є однією зі сторін конкурентоспроможності. Тепер вона визначається з балансу попиту та пропозиції на прилад, що інколи породжує надприбутки і супроводжуючі їм зловживання.

Витрати споживача по експлуатації приладу залежатимуть від потрібної енергії (паливо, тощо), обслуговування, функціонального використання, ремонту, інших видатків і безумовно кваліфікації споживача. Це і буде другою стороною конкурентоспроможності.

На підставі порівняння одержаних характеристик різних показників визначається корисний і не корисний ефекти використання приладу у споживача. Навряд чи є сенс відмічати, що корисний ефект, який завжди супроводжуватиме експлуатацію приладу, повинен бути мінімальним. При аналізі зміни показників якості приладу і базового варіанту використовується комплексний показник якості чи індекс якості [4, 5]

$$K_{як} = \sum_{i=1}^m p_i a_i, \quad (1)$$

де  $p_i$  – одиничні показники якості  $i$ -ої техніко-економічної характеристики,  $a_i$  – його ваговий коефіцієнт;  $m$  – кількість показників.

Рекомендується розглядати комплексні показники якості нового приладу спочатку за кожним з сегментів ринку, а потім в загальному. Таке порівняння обумовлює повний технічний рівень розробленого приладу.

Інтегральний показник якості приладу можна також виражати, як співвідношення ефекту при експлуатації  $E_{екс}$  та поточних річних витрат  $P_{річ}$  [2,6]

$$J = E_{екс} / P_{річ}, \quad (2)$$

Інтегральний показник конкурентоспроможності може визначатися подібно за виразом

$$K_{інт} = \sum_{i=1}^n k_i a_i \quad (3)$$

де  $k_i$  – відносний показник конкурентоспроможності виробу та його базового варіанту;  $a_i$  – ваговий коефіцієнт  $i$ -ого показника.

При порівнянні інтегрального показника якості  $J$  з базовим варіантом  $J_б$  визначається рівень конкурентоспроможності

$$K_{ріс} = J / J_б. \quad (4)$$

Вважається, що якщо  $K_{ріс} > 1$ , то планується у виробництво прилад є абсолютно конкурентоспроможним, якщо ж  $K_{ріс} \approx 1$  – умовно конкурентоспроможний і при  $K_{ріс} < 1$  – неконкурентоспроможний. Методами оцінки конкурентоспроможності приладів є апроксимаційний (між показниками є кореляційна залежність), аналітичних залежностей абсолютних показників (проводиться за етапами встановлення номенклатури показників, формуванням групи аналогів, відокремлення базового приладу, розрахунком інтегральних показників рівня конкурентоспроможності), комплексних відносних показників (коли не може бути розрахованим за аналітичними залежностями абсолютних показників і використовується відносний ефект), ідеальної моделі (за наявності не вимірювальних та неспроможних показників).

Таким чином, підвищити рівень конкурентоспроможності приладу можна за рахунок:

- досконалості конструкції приладу з високим конструкційним, технологічним і експлуатаційним рівнями та відповідними показниками якості;
- малих виробничих витрат по його виготовленню, тобто сучасних вискоєфективних технологічних процесів, переналагоджуваного обладнання та оснащення, високої організації праці, малих не виробничих та інших витрат;
- малих витрат у споживача по експлуатації приладу, як коштів потрібної енергії для його роботи, простого використання та обслуговування, ремонту, інших непрямих видатків;
- правильного вибору узasadненого базового варіанту приладу для порівняльної оцінки;
- узasadненого прибутку та ціни приладу на ринку;
- високої кваліфікації як проектного та виробничого персоналу, так і споживача;
- ситуації на державному та міжнародному ринках;
- іміджу проектанта та виробника.

При цьому слід зауважити, що конкурентоспроможність є поняттям відносним, прив'язаним як до багатьох чинників ринку, часу продажі тощо, так і індивідуальних. Кожний споживач має свій критерій оцінки конкурентоспроможності, який складається з ціни приладу та витрат, пов'язаних з його експлуатацією. Тому найбільш конкурентоспроможний прилад не є той, який має мінімальну ціну, а той, якому притаманні мінімальні витрати експлуатації під час максимальної моральної та фізичної довговічності.

Гнучке модульне автоматичне складання приладів в загальному ланцюжку конкурентоспроможності складає здавалось би невелику частину, а однак суттєву, оскільки всі показники якості приладів формуються під час такого складання. Тому конкурентоспроможність гнучкого складання приладів повинна оцінюватися у порівнянні з автоматичним або ручним механізованим складанням, яке тепер на виробництві є домінуючим.

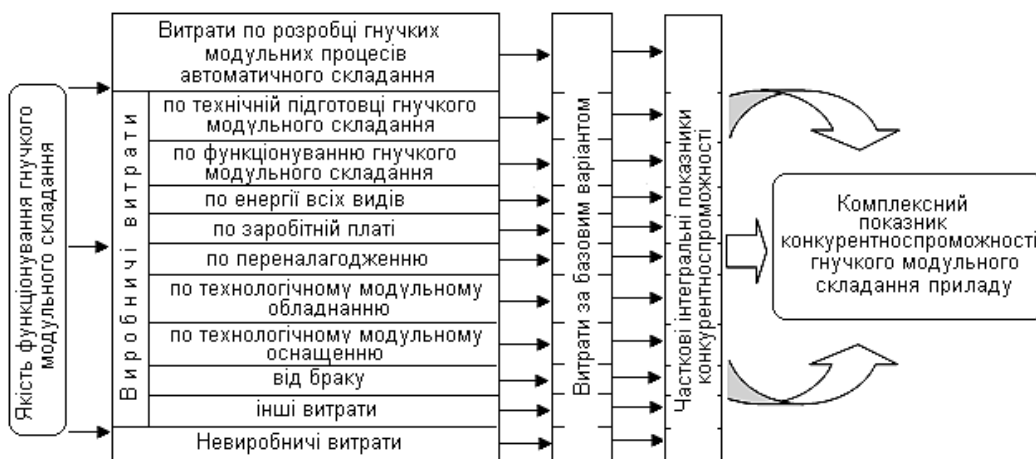


Рис. 2. Схема формування конкурентоспроможності гнучкого автоматичного складання різновидів приладів

На рис. 2 наведена схема, за якою можна прослідкувати формування конкурентоспроможності гнучкого модульного складання різновидів приладів. Основними витратами можна вважати витрати по розробці гнучких технологічних модульних процесів, групу виробничих витрат, пов'язаних з реалізацією технології гнучкого складання та можливі невиробничі витрати. Величина кожного різновиду витрат встановлюється за відомими залежностями [4]. Далі з згаданих міркувань вибирається базовий варіант складального виробництва приладів, наприклад, автоматичне складання з виділенням подібних груп витрат. Частковий інтегральний показник конкурентоспроможності за витратами для порівнювальних варіантів  $n$  при  $a_i = 1$  визначається як

$$K_1 = \sum_{i=1}^{10} k_i a_i = B_1 + B_2 + \dots + B_{10}, \quad (5)$$

$$K_6 = \sum_{i=1}^{10} b_i k_i a_i = b_1 B_1^6 + b_2 B_2^6 + \dots + b_{10} B_{10}^6, \quad (6)$$

де  $B_1, B_2, \dots, B_{10}$  і  $B_1^{\delta}, B_2^{\delta}, \dots, B_{10}^{\delta}$  - відповідно витрати порівнювального гнучкого і базового варіантів складального виробництва виробів,  $b_1, b_2, \dots, b_{10}$  - коефіцієнти зміни окремих витрат.

Аналізується також частковий рівень конкурентоспроможності оскільки він стосується лише часткової частини конкурентоспроможності. При такому порівнянні слід обов'язково враховувати кількість приладів, які складаються в гнучкому та автоматичному виробництві, тобто потрібні витрати на складання групи приладів або їх складальних одиниць. Частковий рівень конкурентоспроможності складатиме

$$K_{\text{пів}}^* = (B_1 + B_2 + \dots + B_{10}) / (b_1 B_1^{\delta} + b_2 B_2^{\delta} + \dots + b_{10} B_{10}^{\delta}). \quad (7)$$

При порівнянні витрат порівнюваного та базового варіантів можуть застосовуватися два підходи: спрощений та розширений. При спрощеному підході вважається, що мінімальність загальних витрат забезпечується мінімальністю його складових. У гнучкому складальному виробництві спрощений підхід означає, що намічаються та проводяться заходи по зменшенню окремих видів витрат, які приводять до зменшення загальних витрат. Розширений підхід крім того передбачає можливість збільшення окремих видів витрат при забезпеченні мінімальності загальних витрат. Застосування такого підходу є більш ефективним, особливо при аналізі сумарних витрат в гнучкому модульному складанні. Приймаючи величину витрат базового варіанту сталою, можна записати

$$K_{\text{пів}}^* = B_{\text{заг}} / B_{\text{const}}, \quad (8)$$

є  $B_{\text{заг}}$  - загальні витрати гнучкого модульного складання та постійні, представлені графічно (рис.3). У випадку рівності таких витрат (1) маємо умовну конкурентоспроможність, вище якої лежить область не конкурентоспроможності варіантів гнучкого модульного складання, а нижче - конкурентоспроможності. Порівняння з базовим варіантом, який має загальні витрати  $B_{\text{с}}$  показує, що при більших витратах розроблюваний варіант буде неконкурентоспроможний (точка  $H$ ) і його необхідно відкинути або зменшувати його витрати (точка  $K$ ). Прямі 2 і 3 базуються на інших співвідношеннях витрат. Така випереджувальна оцінка конкурентоспроможності дозволяє представити вже на цій стадії забезпечення конкурентоспроможності приладів при їх гнучкому модульному складанні. З метою полегшення одержання більш достовірного рішення можна побудувати конкурентоспроможні залежності від окремих видів затрат при розширеному підході.

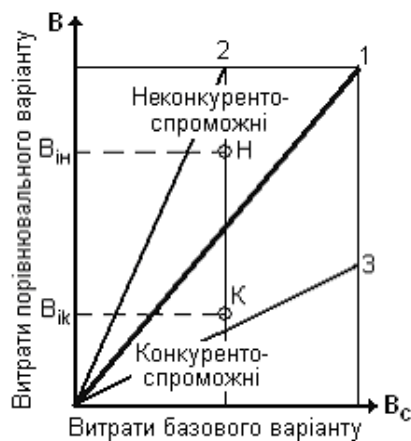


Рис. 3. Залежність витрат порівнювальних варіантів при їх різних конкурентоспроможності

Більш точно випереджувальну оцінку конкурентоспроможності приладів гнучкого модульного виробництва можна одержати за допомогою віртуального проектування складальних технологій та забезпечуючих конструкцій приладів і технологічного обладнання з оснащенням [6]. Структура інформаційної моделі оцінки конкурентоспроможності включає початкові технічні, експлуатаційні та економічні показники, що визначають рейтинг об'єкту розгляду у порівнянні з прийнятими аналогами. Далі виконуються розрахунки величин показників, що підлягають оцінці. Підлягають аналізу технологічні можливості, ресурсозбереження, продуктивність, точність, надійність, стабільність, закупівельна ціна, вартість експлуатації. При цьому найкраще використовувати електронну базу даних споживчих, конструкційних, технологічних, експлуатаційних і вартісних показників об'єктів гнучкого виробництва, в тому числі і приладів, які там продукуються. Така база тепер створюється.

Особливості методики випереджувальної оцінки конкурентоспроможності продукуюмих приладів в гнучкому виробництві полягають у тому, що віртуально враховується комплексний вплив всіх оцінюючих показників за рахунок вагових коефіцієнтів, здійснюється можливість автоматизованого їх розрахунку. Кінцевий порівняльний результат може представлятися графічно на моніторі комп'ютера, а також така підсистема може входити в склад інших систем. Можна окреслити напрямки розвитку методики оцінки конкурентоспроможності приладів гнучкого виробництва. По-перше, це встановлення внутрішніх зв'язків між різними

оцінюючими показниками типових груп приладів та їх вплив на основні показники якості. По-друге, формування електронних баз даних, необхідних для розрахунків конкурентоспроможності. По-третє, розробка, дослідження та використання типових інформаційних моделей для конкретних гнучких модульних виробництвах, як підсистеми технологічної підготовки гнучкого складального виробництва.

#### Інформаційні джерела

1. Волчкович Л.И. Автоматизация производственных процессов. Учеб. пособие. - М.: Машиностроение, 2005.-380 с.
2. Козырев Ю. Г. Гибкие производственные системы. Справочник: справочное издание - М. : КНОРУС, 2017. — 364 с.
3. Машиностроение. Энциклопедия. Технология изготовления деталей машин. Т.Ш-3 / А.М.Дальский и др. / Под общ. ред. А.Г.Суслова. -М.: Машиностроение, 2002. -840 с.
4. Технология автоматической сборки / А.Г.Холодкова и др. Под ред. А.Г.Холодковой. – М.: Машиностроение, 2010.-560 с.:ил.
5. Валетов В.А., Помпеев К.П. –Технология приборостроения. Учебное пособие. –СПб.: НИУИТМО, 2013г. –234с.
6. Божидарнік В.В., Григор'єва Н.С., Шабайкович В.А. Автоматичне складання виробів: Навч. посібник. -Луцьк, „Надстир'я”. 2005. -386 с.

### ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРИБОРОВ ПЕРЕД ИХ РАЗРАБОТКОЙ

*Разработана методика опережающей оценки конкурентоспособности проектируемых приборов, обеспечивает появление на рынке высококачественной продукции. Большинство работ при определении конкурентоспособности сосредоточено на определении производственных и эксплуатационных затрат уже готовых приборов. Однако эти данные должны быть получены заранее, еще до их проектирования. Методика опережающей оценки конкурентоспособности заключается в управлении основным технологическими и конструктивными факторами, к которым относится влияние отдельных свойств на конкурентоспособность через коэффициенты корреляции, большинство из которых определяется из уравнений регрессии. Увеличить конкурентоспособность можно за счет применения технических инноваций как конструкций, так и технологий, интеллектуальных систем поддержки принятия технологически конструктивных решений, а также виртуализации, которые учитывают как результаты течения виртуальных сборочных процессов, так и последствия виртуальной эксплуатации приборов. При этом рассчитывается интегральный показатель качества и конкурентоспособности.*

**Ключевые слова:** конкурентоспособность, оценка, методика, факторы, опережение.

**N. Grigorieva, DSc., PhD, Eng., V. Shabaykovich DSc., PhD, Eng., I. Marchuk Ph.D., Assoc.**  
Lutsk National Technical University

### PREVIOUS DETERMINATION OF COMPETITIVENESS BEFORE DEVELOPMENT OF DEVICES

*A methodology has been developed for the advanced assessment of the competitiveness of the designed devices, which ensures the appearance of high-quality products on the market. Most of the work in determining competitiveness is focused on determining the production and operating costs of finished devices. However, this data must be obtained in advance, even before their design. The method of advanced assessment of competitiveness consists in managing mainly technological and structural factors, which include the influence of certain properties on competitiveness through the correlation coefficients, most of which are determined from the regression equations. Competitiveness can be increased through the use of technical innovations in both designs and technologies, intelligent systems to support technological and design decisions, as well as virtualization, which take into account both the results of virtual assembly processes and the consequences of virtual operation of devices. The integrated indicator of quality and competitiveness is calculated.*

**Key words:** competitiveness, assessment, methodology, factors, anticipation.