

УДК 657.471

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

## ОЩАДЛИВЕ ВИРОБНИЦТВО ПРОДУКЦІЇ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

*Зниження виробничих витрат може досягатися виключно при комплексному аналізі та синтезі рівня конструкції виробів, технології та організації їх виготовлення. Виробництві витрати на якість, конкурентоспроможність виробів та навколишнє внутрішнє і зовнішнє середовище повинні бути пов'язані між собою оптимальними співвідношеннями. Порушення цих взаємозв'язків приводить до збільшення виробничих витрат і одночасного випуску неякісної та неконкурентоспроможної продукції. Тому спочатку встановлюється потрібна та обґрунтована якість і конкурентоспроможність виробу, а далі розглядається їх забезпечення за рахунок технологічності сучасної конструкції, ефективної технології, технологічного обладнання та оснащення, кваліфікації інженерів і робітників, організації виробництва. Цим вимогам відповідає ощадливе виробництво, яке передбачає мінімізацію витрат, виключення всіх втрат, раціональне виконання операцій, постійний контроль результатів. Розроблена класифікація витрат виробництва, аналіз і синтез, що дозволить зменшувати витрати за рахунок оптимізації. Обов'язкове врахування причин збільшення виробничих витрат та зарубіжний досвід.*

**Ключові слова:** витрати, ощадливе виробництво, заходи, мінімізація.

Виготовлення продукції в приладобудуванні, повинно бути економічно ефективним, тобто високоякісним, конкурентоспроможним і низьковитратним. Вимоги ринкової економіки, стратегії маркетингу, суттєво змінюють стратегію сучасного виробництва. Це особливо важливе для виробництва України і інших бувших радянських республік, в яких у більшості виробництво було як неякісним, так і високовитратним. Витрати, якість і конкурентоспроможність при виробництві продукції тісно пов'язані між собою та навколишнім середовищем оптимальними співвідношеннями. Порушення цієї залежності тягне за собою в першу чергу збільшення витрат і паралельно випуск неякісної та неконкурентоспроможної продукції. Тому спочатку слід встановлювати потрібні та обґрунтовані якість і конкурентоспроможність виробів, а далі розглядати їх забезпечення за рахунок сучасності конструкції, технології та організації виробництва.

Поставленим вимогам повністю відповідає ощадливе виробництво (*Lean Production*), першоджерелом якого була виробнича система *Тайота*, що передбачувала мінімізацію всіх видів витрат, виключення втрат, раціональне виконання потрібних операцій, наведення порядку, постійний контроль результатів і інше при забезпеченні високої якості та конкурентоспроможності продукції, послуг [1]. Тому концепцією ощадливого виробництва є постійне усунення всіх видів втрат, яких є багато і необґрунтованих з різних джерел походження. Виробництво передбачає залучення в процес кожного працівника та максимальну орієнтацію на споживача.

Основними принципами ощадливого виробництва вважається визначення цінності як конкретної продукції, так і потоку створення витрат для виробу, забезпечення неперервності протікання потоку, встановлення довготермінових відношень з постачальниками і споживачами. Ці принципи базуються на концепції точно в час (*Just in time*), автоматизації, мінімізації запасів, тощо. В рамках ощадливого виробництва були виділені методи потоку одиничних виробів, *Канбан*, загальний догляд за обладнанням (*TPM – Total Productive Maintenance*), систему *5S*, швидке переналаджування (*SMED*), *Кайзен* і інші.

Поступ виробництва залежить від багатьох чинників і можна вважати, що автоматичні лінії були характерними в основному для масового виробництва, гнучкі, роботизовані системи, *ЧПУ*, – для гнучкого, системи *CAD/CAM*, *CIM*, *DNC* – для комп'ютерно-інтегрованого, *TQM*, програмне інженерське забезпечення, для ощадливого, *TQM*, *MRP II* – для виготовлення на замовлення, *SAX* – для синхронного виготовлення та віртуального виробництва.

Класифікація витрат виробництва (рис. 1) показує джерела їх походження та різновиди, а також формування собівартості продукції. Якщо конструкційним, технологічним, організаційним і кваліфікаційним витратам приділялась увага [2], то впливу зовнішнього середовища ні, хоча такі витрати значні та залежать від багатьох некерованих і часто



Рис.1. Класифікація витрат виробництва

випадкових чинників. Вони сформовані багаторічним рівнем розвитку економіки, техніки, відношенням робітників, суспільства і т. п. Кожна витрата має свої складові, які і слід в першу чергу аналізувати. Мінімізація витрат не означає їх загальне по елементне зменшення, краще тут підходить оптимізація, при якій можливе збільшення деяких витрат при умові зменшення загальних [3].

До різновидів витрат необхідно відносити витрати, пов'язані з загальним рівнем виробництва в державі, надлишковими переміщеннями і транспортуванням, зайвою обробкою при виготовленні, невикористанням творчого потенціалу, перевантаженням робіт, нерівномірним часом виконання операцій, можливим очікуваннями в майбутньому, а також іншими, оскільки такий перелік не може бути вичерпним для різного виробництва, яке має свої особливості. Структура витрат на виробництво продукції є різною. Так у промисловості України в 2002 році структура була наступною: матеріальні витрати 69,2%, амортизація – 5,9%, витрати на оплату праці – 11,1%, відрахування на соціальні заходи – 4%, інші операційні витрати – 9,8%. Слід відмітити, що витрати виробництва щорічно зростали.

При розгляді витрат часто зустрічаються терміни - економічні та бухгалтерські витрати. Це ті ж самі витрати, розглянуті з різних позицій. Так наприклад, економічні витрати - це зовнішні витрати виробництва на придбання ресурсів, та ще й неявні внутрішні, або альтернативні (власні виробничі ресурси підприємства). Тобто, це вартість усіх виробничих ресурсів незалежно від того, чи вони є власністю підприємства чи закуповуються зовні. Бухгалтерські витрати виробництва пов'язані з придбанням необхідного для забезпечення випуску продукції за ринковими цінами. Тобто, це грошові витрати на придбання виробничих ресурсів, які не належать підприємству. Відомі також незворотні витрати, які не відшкодовуються ні за яких умов.

Причин збільшення виробничих витрат при випуску продукції досить багато, основними можна вважати: хаос в країні, пов'язаний з дикою приватизацією, корупцією, рейдерством, занепадом виробництва, політизацією, поганим законодавчим супроводом виробництва, відсутністю цільового фінансування виробництва, негативним ставленням до змін, які проводяться в суспільстві, косністю, небажанням що-небудь змінювати, негативним ставленням до всього нового, штучним створенням «фільтрів» обмеження допуску до виробництва кваліфікованих кадрів за рахунок зменшення зарплат, скорочення штатів, заповнення штатів некваліфікованим персоналом, особливо керівним за рахунок партійних квот, бажанням заробляти швидкі гроші просто з повітря, не вкладаючи у виробництво кошти тощо. Вплинули на це також відсутність кваліфікованого персоналу, особливо робітників, техніків, сучасного обладнання та оснащення, робота виробництва на випуск старих неефективних конструкцій виробів, таких же технологій та організацій, невикористання нових

методик організації виробництва, проектування нових виробів, технології, не проведення заходів по зменшенню виробничих витрат тощо.

Значно зменшити витрати виробництва можна за рахунок впровадження систем комп'ютерно-інтегрованого виробництва майбутнього *CE, CAM, CAD, CAQ, CAE, CAP, PPS, LAN, WAN, MAP, TOP* і інших. Так лише за рахунок використання модульного принципу [4], можна значно зменшити такі витрати, сутність якого полягає у застосуванні різномісних типових модулів заміщення технічних систем, в першу чергу конструкцій, технологій, управління та організації процесів обмеженої номенклатури, тобто побудови виробничих систем шляхом їх компонування з взаємозв'язаних модулів. Модуль є добре відпрацьованою одиницею багаторазового використання обмеженої номенклатури з характерними рисами автономності, стикувальності, зв'язності та надмірності. Такі модулі формуються на підставі конструкцій, технологій, організації виробництва виробів і є тісно пов'язаними з іншими виробничими модулями, які їх реалізують і представляють собою елементарну одиницю з певним обсягом виконуваних рухів і дій. У загальному модуль описується матрицею витрат:

$$M_i = \begin{pmatrix} w_{o11} & w_{o12} & \cdot & \cdot & \cdot & w_{o1a} \\ w_{d21} & w_{d22} & \cdot & \cdot & \cdot & w_{d2a} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ w_{db1} & w_{db2} & \cdot & \cdot & \cdot & w_{dba} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де  $w_{oi}$ ,  $w_{dj}$  - відповідно, витрати на виконання основних і допоміжних елементів операцій;  $a$ ,  $b$  - їх кількість.

У загальному функція структури модульних витрат виготовлення виробів записується сукупністю зістикованих модулів

$$W = \left\langle \sum_{i=1}^a MBK_{\kappa-mu_i} \right\rangle \Rightarrow \left\langle \sum_{j=1}^b MK_{\kappa-cu_j} \right\rangle \Rightarrow \left\langle \sum_{l=1}^c BM_l \right\rangle, \quad (2)$$

де  $MBK$ ,  $MK$ ,  $BM$  - відповідно модульні витратні комплекси, комплекти і окремі витратні модулі;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  - їх оптимальна кількість. В такому модульному процесі витрат виготовлення виробів кожний  $BM$  пов'язаний з попереднім і наступним по горизонталі та вертикалі і може бути концентрованим чи диференційованим.

При моделюванні витрат виготовлення виробів на початку виконується аналіз, потім синтез модульного процесу з метою встановлення раціональної структури модулів і модульного процесу в цілому. Нова концепція формування модулів і процесів полягає в тому, що всі модулі витрат формуються одночасно на базі необхідних операцій чи дій для типових виробів групи, виявляються зв'язки між сукупністю таких дій, умов і обмежень. Відомі практично початки основ модульних технологічних процесів виготовлення продукції з оптимізацією їх витрат.

Суттєво зменшити витрати виробництва можна також застосуванням інтелектуальних систем прийняття рішень [5]. Такі рішення особливо доцільні при виготовленні продукції за нечітких умов, коли застосування традиційних засобів визнається неефективним. У загальному в інтелектуальну підтримку прийняття рішень входять: аналіз і синтез необхідної інформації, методи ідентифікації побудови нечіткої системи, генерування її нечіткої бази за допомогою штучних засобів, методи і алгоритми підтримки прийняття виробничих рішень, інтерактивний алгоритм вирішення багатокритеріальних завдань оптимізації з використанням генетичних алгоритмів, розробка пакета прикладних програм реалізації інтелектуальної системи прийняття рішення та багато іншого.

Такі виробничі системи в майбутньому ввійдуть в склад комп'ютерно-інтегрованого виробництва *CIM* і суміщеного проектування *CE, CIM* складається з трьох основних компонентів: комп'ютерної підтримки проектування *CAD*, виготовлення, планування та управління виробництвом *PPC/S*. При цьому *CAD/CAM* не є лише поєднанням програмування *CAD* з цифровим управлінням, а інтеграцією технічних рішень з метою виготовлення виробів і охоплює процесний ланцюг з *CAD, CAP, CAM, CAQ*. Модель *CIM* наведена на рис. 2, де

підприємство розглядається на фоні технічних і економічних функцій, які воно виконує, та взаємозв'язків, що розглядаються в послідовному їх виконанні. Завдання зустрічаються в пункті початку виготовлення виробів, а їх черговість обумовлюється процесом виникнення виробу. Контроль якості знаходиться в кінці ланцюга після остаточного виготовлення виробу, після чого є можливим впровадження коригувальної інформації для проектування, програмування та управління. До систем, що підтримують комп'ютерну інтеграцію виробництва, відносяться технологія виготовлення через локальні комп'ютерні системи LAN, WAN, MAP, TOP, а також система проектування LINKAGE. Другий напрямок пошуків зменшення витрат виробництва пов'язаний з розвитком мультимедіа Інтернету, як інформаційних засобів, що створюють нові можливості практичного використання TCP/IP, SMTP, VMD та інших. Збільшення розрахункової потужності забезпечує система ATM, яка здійснює пересилання інформації в мережі зі 45-620 Mbps.



Рис.2. Модель ошадливого комп'ютерно-інтегрованого виробництва СІМ

Суміщене проектування *CE* є найновішою методикою планування та проектування ошадного виробництва, яке полягає в паралельному, систематичному та інтегрованому проектуванні виробів та процесів їх виробництва з мінімальними витратами, тобто постійній участі проєктантів у вирішуванні конструкційних, технологічних і організаційних питань, формуванні графіків випуску, формуванні витрат. Проектування *CE* спирається на паралелізацію інтеграції та стандартизації і спрямоване на вимоги клієнтів про здешевлення виробництва, вдосконалення виробів-приладів і процесів їх виготовлення.

**Висновки.** Скорочення виробничих витрат досягається зменшенням їх складових і структури виготовлення виробів і зниженням цін на матеріали, півфабрикати, комплектуючі, енергію, паливо, податки тощо. Досягнути це можна вже за сучасних умов, так і в довготерміновій перспективі, коли відновиться економіка країни і сприятливі умови виробництва, не на папері, а в дійсності. Оскільки багато залежить від політичних чинників, то навіть при їх усуненні скорочення виробничих витрат буде лише часткове, тому вже тепер крім усунення політичного впливу необхідно впроваджувати більш важливий економічний, старатися усунути косність, небажання будь-яких змін, забезпечення виробництва кваліфікованим персоналом, впроваджувати передові методики проектування нових виробів, сучасних технологій, організацій. Забезпечити зменшення виробничих витрат можна як за рахунок скорочення адміністративного персоналу, підвищення їх кваліфікації, зарплат, так і технологічного обладнання з оснащенням, організації праці тощо. Однак загальним напрямком повинно бути впровадження систем *CIM*.

### Інформаційні джерела

1. Вумек Джеймс П., Джонс Даниел Т. Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании. — М.: «Альпина Паблишер», 2011.
2. Великанов К.М. и другие. Методика расчета экономической эффективности новой техники. — Л.: Машиностроение, 1985. -540 с.
3. Цимбалюк Л. Г. Чинники, резерви та шляхи зниження витрат виробництва як основа зменшення ціни товару / Л. Г. Цимбалюк, Н. П. Скригун // Вісн. Бердян. ун-ту менеджменту і бізнесу. — 2011. — № 3 (15). — С. 88–95.
4. Григор'єва Н.С. Науково-технологічні основи модульного автоматичного складання виробів. Монографія. -Луцьк: Надстир'я, 2008. -520 с.
5. Шевченко А.Л. Світові тенденції та практичні досягнення у проблемі штучного інтелекту // Стан та перспективи розвитку інформатики в Україні. -Київ: Наукова думка, 2010. С. 561-572.

**Григор'єва Н. С., д.т.н., проф., Шабайкович В. А., д.т.н., проф., Марчук І. В., к.т.н., доц.**  
Луцкий национальный технический университет

### БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО ПРОДУКЦИИ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

*Снижение производственных затрат может достигаться исключительно при комплексном анализе и синтезе уровня конструкции изделий, технологии и организации их производства. В производстве затраты на качество, конкурентоспособность изделий, окружающую внутреннюю и внешнюю среды должны быть связаны между собой оптимальными соотношениями. Нарушение этих зависимостей приводит к увеличению производственных затрат и одновременного выпуска некачественной и неконкурентоспособной продукции. Поэтому сначала устанавливается необходимое и обоснованное качество и конкурентоспособность изделия, а далее рассматривается их обеспечение за счет технологичности современной конструкции, эффективной технологии, технологического оборудования и оснастки, квалификации инженеров и рабочих, организации производства. Этим требованиям отвечает бережливое производство, которое предусматривает минимизацию затрат, исключения всех потерь, рациональное выполнение операций, постоянный контроль результатов. Разработана классификация затрат производства, их анализ и синтез, что позволит их уменьшать за счет оптимизации. Обязательный учет причин увеличения производственных затрат и зарубежный опыт.*

**Ключевые слова:** затраты, бережливое производство, мероприятия, минимизация.

**N. Grigoryeva, Ph.D., prof., V. Shabaykovich, Ph.D., prof., I. Marchuk Ph.D.**  
Lutsk National Technical University

### LEAN PRODUCTION OF INSTRUMENTATION PRODUCTS

*Reduction of production costs can be achieved only with the complex analysis and synthesis of the level of product design, technology and organization of their manufacturing. In manufacturing, the cost of quality, product competitiveness and the surrounding internal and external environment should be interconnected by optimal correlations. Violation of these dependencies leads to an increase in production costs and the simultaneous production of low-quality and noncompetitiveness products. Therefore, the necessary and justified quality and competitiveness of the product is first established, and then their provision is considered at the expense of modernity design technology, efficient technology, technological equipment and fixture, qualifications of engineers and workers, and organization of production. These requirements are consistent with cost-effective production, which involves minimizing costs, eliminating all losses, rational execution of operations, continuous monitoring of the results. A classification of production costs, analysis and synthesis is developed that will reduce costs by optimizing. At the same time, it is imperative to take into account the reasons for the increase of production costs and foreign experience.*

**Key words:** costs, lean production, measures, minimization.

Стаття надійшла до редакції 15.11.2018

© Григор'єва Н.С., д.т.н., проф., Шабайкович В.А., д.т.н., проф., Марчук І.В., к.т.н., доц.