

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КЛАСТЕРОВ РАЗВИТИЯ ПРОДУКЦИИ И ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА УЧАСТКОВ И ЦЕХОВ

Р.Л. Сатановский, Д. Элент

*Nuspark Inc.*

*Канада, Торонто, Онтарио, 400 Steepprock Dr., M3J 2X1*

**Введение.** В статье рассмотрены узловые вопросы взаимодействия кластеров развития продукции и организации производства (ОП) цехов и участков для снижения затрат и роста прибыли предприятий в условиях использования парадигмы активной адаптации и цифровой экономики.

**Данные и методы.** Основой формирования кластеров является методология парности и успешное прохождение каждым теста парности, которое обеспечивает получение новой целостности (кластера) и рост его потенции. В рассматриваемые четыре кластера продукции и семь организации производства включены только успешно прошедшие тест.

**Полученные результаты.** Представлены модели: последовательности действий кластеров продукции на уровне цехов и участков, согласования их динамики с кластерами ОП, прохождения ими алгоритма принятия окончательного решения по выбору наиболее эффективного варианта развития с учетом взаимного удовлетворения требований ОП / продукции и др. Сформулирована последовательность шагов по выбору лучшего варианта развития.

**Вывод.** В условиях цифровой экономики предприятий использование кластеров парадигмы для снижения производственных затрат и роста прибыли, прежде всего, связано с расширением возможностей их применения, существующих информационных платформ RTPT, ERP, FWL и др. Согласование требований ОП и продукции – многошаговый итерационный процесс оптимизационного типа.

**Ключевые слова:** адаптация, виртуальность, кластер, организация, парность, развитие, согласование, тест, цех, участок, управление, эффективность

### Для цитирования:

Сатановский Р.Л., Элент Д. Взаимодействие кластеров развития продукции и организации производства участков и цехов // Организатор производства. 2024. Т.32. № 3. С. 7-15. DOI: 10.36622/1810-4894.2024.35.97.001

---

### Сведения об авторах:

Сатановский Рудольф Львович ([rudstanov@yahoo.com](mailto:rudstanov@yahoo.com)), д-р экон. наук, профессор, консультант отдела маркетинга  
Элент Дан ([delent@nuspark.com](mailto:delent@nuspark.com)), руководитель отдела маркетинга

### On authors:

Satanovsky Rudolf L. ([rudstanov@yahoo.com](mailto:rudstanov@yahoo.com)), Doctor of Economics, Professor, Consultant, Marketing Department  
Elent Dan ([delent@nuspark.com](mailto:delent@nuspark.com)), Head of Marketing Department

## INTERACTION OF PRODUCT DEVELOPMENT CLUSTERS AND ORGANISATION OF PRODUCTION SITES AND WORKSHOPS

**R.L. Satanovsky, D. Elent**

*Nuspark Inc.*

*Canada, Toronto, Ontario, 400 Steeprock Dr., M3J 2X1*

**Introduction.** *The article considers the nodal issues of interaction of product development clusters and production organisation (PO) of shops and sites to reduce costs and increase profits of enterprises in the conditions of using the paradigm of active adaptation and digital economy.*

**Data and methods.** *The basis for the formation of clusters is the methodology of pairing and the successful passing of each pairing test, which ensures the obtaining of a new integrity (cluster) and the growth of its potency. In the four product clusters and seven production organisations considered, only those who successfully passed the test are included.*

**Results obtained.** *The models are presented: the sequence of actions of product clusters at the level of shops and sites, coordination of their dynamics with the clusters of OPs, their passing through the algorithm of making the final decision on the choice of the most effective variant of development taking into account mutual satisfaction of OPs/products requirements, etc. The models are presented. The sequence of steps for choosing the best development variant is formulated.*

**Conclusion.** *In the conditions of digital economy of enterprises, the use of paradigm clusters to reduce production costs and increase profits is primarily associated with the expansion of their application capabilities, existing information platforms RTPT, ERP, FWL, etc. Harmonisation of OP and product requirements is a multi-step iterative process of optimisation type.*

**Keywords:** *adaptation, virtuality, cluster, organisation, pairing, development, alignment, test, shop floor, site, management, efficiency*

### For citation:

Satanovsky R.L., Elent D. Interaction of product development clusters and organisation of production sites and workshops // Organizer of Production. 2024. Vol. 32. No. 3. Pp. 7-15. DOI: 10.36622/1810-4894.2024.35.97.001

### Введение

В современных условиях стремительного обновления номенклатуры, повышения скорости её изменений, сокращения объёмов серийного производства, а также приоритетного внимания к снижению себестоимости и увеличению прибыли предприятий, критическое значение приобретает кластеризация производства и успешное внедрение инновационных управленческих подходов. В частности, совершенствование управления организацией производства (ОП) [1], а также активное расширение и интеграция концепций цифровой циркулярной экономики [2] играют ключевую роль в достижении устойчивого конкурентного преимущества.

Реализация парадигмы развития, основанной на активной взаимной адаптации процессов упреждающего проектирования продукции и опережающего формирования серийного производства, способствует более эффективному решению задач, связанных с производственной оптимизацией. Это особенно актуально для предприятий, функционирующих в условиях цифровой трансформации. Существенные результаты в этом направлении могут быть достигнуты через процесс взаимодействия кластеров продукции и организационных структур производственной системы.

Особое внимание заслуживает анализ узловых вопросов, касающихся эффективного взаимодействия кластеров развития производственных участков и

цехов серийного машино- и приборостроения. Впервые предлагается рассмотреть эти аспекты в качестве ключевых элементов для формирования инновационной модели управления производством в условиях цифровой экономики.

### Кластеризация

В данном контексте кластер представляет собой группу взаимосвязанных структур, функционирующих в системе производства (как реального, так и виртуального), объединённых общей целью и взаимодополняющих друг друга. Для создания кластера требуется участие нескольких заинтересованных субъектов (не менее двух), которые соответствуют критериям парности, формирования новой целостности и повышения её потенциала. Одним из ключевых принципов современной парадигмы развития производства является постоянное улучшение: сегодняшняя деятельность должна превосходить вчерашнюю, а завтрашняя — быть ещё более эффективной. Достижение этого результата на уровне производственных участков и цехов осуществляется в условиях цифровизации, с учётом конкретного времени и места, определяемых требованиями развития продукции и организации производства (ОП) [1].

Переход от качественного описания результатов («хуже — лучше») к количественно измеримым показателям («меньше — больше») становится возможным благодаря итерационному моделированию. Взаимодействие кластеров продукции и ОП по своей природе является оптимизационным процессом с динамической обратной связью, где решения на каждом этапе определяют последующие и адаптируются в зависимости от результатов согласования [3]. Виртуальное формирование кластеров требует прохождения так называемого теста парности, который позволяет выявить лучшие сочетания элементов для создания

новых целостностей и увеличения их потенциала.

Базовые признаки, входящие в тест парности создания кластеров, включают [3]:

1. Наличие пары, состоящей из двух элементов, которые, хотя бы в чём-то, подходят друг другу, обладая потенциалом образования новой целостности.

2. Один из элементов пары должен быть активным, если процесс образования парности самоуправляем.

3. Наличие у элементов исходной потенции (внутренних условий), достаточной для взаимодействий, ведущих к созданию новой системы, но недостаточной для её целенаправленного развития.

4. Достаточность внешних условий, которые, наряду с внутренними, обеспечивают целенаправленные взаимодействия для образования новой целостности.

5. Наличие целенаправленных взаимодействий, подтверждающих образование новой системы (кластера).

6. Проявление эмерджентных свойств, которые возникают при взаимодействии элементов пары.

7. Невозможность непосредственного наблюдения парности органами чувств.

Данный перечень отражает основные признаки парности, которые сохраняют свою постоянную значимость независимо от области применения (будь то продукция или ОП), с уточнением конкретных особенностей в каждой области. Признаки 1–5 подводят к ключевому шестому признаку — достижению эмерджентности. Эмерджентность представляет собой новое качество сложной системы, которое не присуще её отдельным составляющим. Алгоритм расчёта эффекта эмерджентности с учётом допусков, компромиссов и консенсуса, влияющих на рост потенциала кластера и оцениваемых через изменение затрат ресурсов, представлен в [4].

Каждый кластер ориентирован на достижение двух целей: обеспечение функционирования системы в пределах

допуска и повышение её устойчивости (безопасности), а также обеспечение гибкости в процессе взаимной активной адаптации кластеров продукции и ОП.

### Кластеры продукции

Изменения в продукции в значительной мере обусловлены результатами проводимой стандартизации, нормализации и унификации изделий, сборочных единиц и деталей [5]. Стандартизация на уровне предприятия, как правило, связана с изменением параметров новых и модернизируемых изделий, масштабом их выпуска, стабильностью производственных процессов и прочими факторами. На уровне производственных цехов и участков нормализация и унификация затрагивают предметы труда, отдельные элементы продукции и требования к организации производства (ОП).

Кластеры продукции, ориентированные на выполнение данных задач, могут быть представлены следующими группами:

1. Нормализация и выбор вектора упреждения для классификации сборочных единиц и деталей новых и модернизируемых изделий.

2. Унификация и обоснование технологических процессов, типизация, группировка объектов по форме, материалам, размерам и другим параметрам.

3. Идентификация и формирование однородных совокупностей, отбор объектов типовой технологии.

4. Групповые технологии и выбор конструктивно и технологически совместимой обработки однородных объектов для организации групповых процессов и обработки.

Эти четыре кластера, представляющие собой новые целостности, сформированы из элементов, прошедших тест парности. Результаты работы соответствующих структурных подразделений предприятия (групп, бюро, отделов) направлены на снижение разнообразия продукции, её типов, материалов, размеров, типоразмеров, а также

на корректировку размерных цепей, процессов обработки и покрытия. Всё это способствует снижению себестоимости продукции и увеличению прибыли.

Примером успешного применения кластеров продукции может служить проект специализации в крупном экономическом районе, включающий пять предприятий серийного приборостроения. Было выявлено значительное разнообразие производства деталей мелко модульных плоских шестеренок, разработанных десятками различных инженеров. Проект обоснования специализации и совместного изготовления этих деталей на одном из предприятий опирался на перспективы стабильности их производства и возможности концентрации этого процесса на специально спроектированной роторной линии.

Все подготовительные работы по изменению технологии, материалов, размеров, чистоты обработки, точности и других характеристик были выполнены в тесном взаимодействии четырёх кластеров продукции. Результатом стала работающая роторная линия, включающая операции по предварительной обработке отверстий, нарезке зубьев, зачистке поверхности и расточке посадочных отверстий. Несмотря на дальнейшие изменения, вызванные переходом к рыночным условиям, положительным итогом стало освоение предприятиями наиболее прогрессивной технологии изготовления мелко модульных шестеренок.

Согласно парадигме развития активно адаптируемого производства, кластеры продукции направлены на удовлетворение требований ОП и оптимизацию производственных процессов. Корректировка параметров продукции, оказывающих влияние на изменение факторов модели оптимизации, проводится параллельно с согласованием требований ОП, что обеспечивает эффективную взаимную адаптацию.

Кластеры организации производства

Результаты многолетних исследований показывают, что кластеры организации производства (ОП) образуют совокупность, открытую к дальнейшему расширению. Основные кластеры ОП включают:

1. Кластер виртуально-реальных нормативов. Оптимальные виртуальные нормативы согласуются с реальными, определяя наиболее эффективные нормы затрат (например, коэффициент закрепления операций —  $K_{зо}$ , партии, производственный цикл, ресурсы и т. д.) [6]. Согласование виртуальных нормативов с реальными позволяет повысить точность управления ресурсами и производственными процессами.

2. Кластер индикативно-нормативного управления. Объединяет индикативное управление продукцией предприятия с нормативным управлением динамикой развития ОП на уровне участков и цехов [8]. Это позволяет более гибко реагировать на изменения в производственном процессе и быстрее адаптировать производственные мощности под требования продукции.

3. Кластер взаимной адаптации продукции и ОП. В условиях парадигмы активной адаптации продукции и ОП используется алгоритм принятия решений, который учитывает допустимые отклонения и производственные риски. Этот процесс динамичной адаптации способствует согласованию производственных процессов на уровне участков и цехов [1].

4. Кластер подстройки и перестройки структур. Динамика продукции приводит к необходимости виртуальной подстройки и возможной перестройки структуры производственных подразделений, что обеспечивает гибкость производства [1].

5. Кластер перевода ОП из одного состояния в другое. Этот кластер включает расчёт времени перехода ( $T_{пер}$ ) и затрат перехода ( $Z_{пер}$ ) при смене состояний производственной системы, что может быть вызвано изменением внешних или внутренних условий производства [6].

6. Кластер трансформации нормативов. Согласование результатов виртуальных расчётов коэффициента закрепления операций ( $K_{зо}$ ) с реальными данными приводит к его трансформации в различные этапы ( $K_{зо}^*$ ,  $K_{зо}$ ,  $K_{зо}^*$ ) [9], что обеспечивает оптимальное распределение производственных ресурсов.

7. Кластер учета качества ресурсов. Согласование качества трудовых ресурсов и скорости их потребления на уровне участков и цехов позволяет эффективно управлять производственными процессами, снижая производственные издержки и оптимизируя затраты [10].

Изменения в кластерах продукции неизбежно вызывают отклики в кластерах ОП. Совершенствование ОП также требует адекватных изменений в кластерах продукции. Эти взаимные отклики оцениваются через изменение производственных затрат ( $Z_{пр}$ ) и коэффициента закрепления операций ( $K_{зо}$ ) [6]. Если колебания параметров остаются в пределах допустимого, организационные изменения не требуются [1]. Однако, если один из параметров выходит за пределы допуска, возникает необходимость пересмотра параметров продукции и/или ОП с последующим итерационным моделированием на основе алгоритма принятия решений [8].

Виртуальные результаты взаимодействия кластеров продукции и ОП играют роль необходимого условия принятия решений, однако их реализация требует согласования с реальными процессами производства. Примером может служить трансформация коэффициента  $K_{зо}$ , влияющая на календарно-плановые нормативы (размеры партий, частота повторения, длительность производственного цикла), что, в свою очередь, влияет на затраты, себестоимость и прибыль предприятия. Согласование виртуальных расчетов с реальными производственными процессами делает итерационный процесс взаимодействия

кластеров оптимизационным, что позволяет достигать наилучших результатов в условиях конкретного времени и места.

### Модель реализации

Успешная реализация взаимных требований между продукцией и организацией производства (ОП) обусловлена системным подходом, который включает решение комплекса задач активно адаптируемого развития производственных участков и цехов. В условиях цифровой циркулярной экономики [1, 2] процесс принятия решений поддерживается использованием современных информационных платформ, таких как:

- RTPT (Real-time Production Tracking) — система отслеживания и анализа производства в режиме реального времени, которая обеспечивает оперативное управление и мониторинг ключевых производственных процессов [11].

- ERP (Enterprise Resource Planning) — платформа для планирования ресурсов предприятия, которая помогает автоматизировать основные бизнес-процессы и управлять ими для достижения оптимальной производительности [12].

- FWL (Финансы без потерь) — система управленческого и бухгалтерского учёта, которая предоставляет первичную информацию для оперативного расчёта 16 факторов-аргументов структурной модели и решения задач развития подсистем предприятия в режиме реального времени [13].

В системе FWL на основе логистических моделей, алгоритмов итерационного моделирования и структурных моделей решаются как прямые задачи повышения эффективности ОП, так и обратные задачи, связанные с изменением входных параметров для достижения требуемого результата на выходе. Одной из ключевых проблем при использовании платформ является достоверность первичной информации. Достоверность включает несколько характеристик: точность

(определяемую допусками), надёжность (нахождение данных в пределах допустимых значений), чувствительность к влиянию отдельных факторов и устойчивость к совокупному их воздействию. Достоверность информации критически важна для обеспечения безопасности и эффективности работы ОП на уровне участков и цехов.

Большая часть первичной информации формируется непосредственно на рабочих местах, затем она проходит этап усреднения в процессе моделирования оптимального коэффициента закрепления операций ( $K_{зо}$  опт). После трансформации коэффициента в  $K_{зо}^*$ ,  $K_{зо}$  и  $K_{зо}^*$ , согласованные результаты возвращаются на рабочие места, где определяются размеры производственных партий [9]. Зависимость между размером партии  $\{n\}$ , фондом времени рабочего места  $\{\Phi\}$ , трудоёмкостью обработки  $\{t\}$  и коэффициентом закрепления операций  $\{K_{зо}\}$  выражается через формулу:

$$n = \frac{\Phi}{t \times K_{зо}} \quad (1).$$

Если при виртуальном моделировании размер партии определяется как функция  $\{n = f(K_{зо})\}$ , то при реальных расчётах коэффициент закрепления операций вычисляется как функция размера партии  $\{K_{зо} = f(n)\}$ . Сближение результатов виртуального и реального моделирования позволяет оптимизировать затраты и, соответственно, уменьшить себестоимость продукции либо повысить её при необходимости.

### Заключение

Рассмотренные в статье расчёты по обоснованию, обеспечению и применению кластеров организации серийного производства для активно адаптируемых участков и цехов сами по себе недостаточны для значительного снижения затрат и увеличения прибыли. В условиях цифровой экономики и парадигмы активной адаптации предприятий, эффективное развитие производства возможно лишь при

согласованном взаимодействии кластеров продукции и ОП. Трансформация параметров кластеров продукции в параметры 16 факторов-аргументов базовой модели оптимизации обеспечивает основу для имитационного моделирования, удовлетворения взаимных требований ОП и продукции, а также оценки виртуальных возможностей развития.

Из 16 факторов-аргументов модели выделены четыре ключевых, согласно принципу Парето, которые определяют около 80% результата и 70-80% устойчивости системы ОП. К ним относятся:  $\backslash(R\backslash)$  — номенклатура подразделений,  $\backslash(t_n\backslash)$  — средняя трудоёмкость одной операции,  $\backslash(По\backslash)$  — количество операций и  $\backslash(Ря\backslash)$  — число рабочих (операторов). Эти факторы играют ключевую роль в оценке устойчивости системы ОП и корректируются в процессе согласования параметров упреждения продукции и опережения ОП [1].

Представленные оценки являются результатом прохождения изменений в продукции через кластеры ОП и алгоритм принятия окончательных решений [1], что позволяет ранжировать варианты и обосновать оптимальные решения. В контексте данной работы согласование параметров новой и модернизируемой продукции с требованиями ОП подразделений не затрагивает фундаментальных параметров конструкции и масштаба выпуска. Речь идёт о вторичных изменениях в узлах и деталях, перераспределении программы производства и других корректировках, которые осуществляются в несколько укрупнённых шагов:

1. Выполнение комплекса работ в кластерах продукции, начиная от унификации и до расширения групповой обработки.

2. Преобразование полученных результатов в новые параметры  $\backslash(R\backslash)$ ,  $\backslash(t_n\backslash)$ ,  $\backslash(По\backslash)$ ,  $\backslash(Ря\backslash)$  и, при необходимости, в

остальные 12 факторов-аргументов базовой модели оптимизации ОП участков и цехов.

3. Итерационное моделирование с учётом возможных изменений факторов-аргументов модели оптимизации ОП.

4. Виртуальная оценка затрат по различным вариантам моделирования для согласования и выбора наилучшего проекта упреждения продукции и опережения ОП.

Ещё вчера говорить о широком применении данного подхода было преждевременно, так как отсутствовали парадигма, модели, кластеры и цифровые инструменты. Однако откладывание внедрения этой системы на будущее может стать ошибкой. Настало время заниматься реализацией данного подхода уже сегодня.

### Выводы

1. Узловые вопросы эффективного развития активно адаптируемого производства цехов и участков серийного машиностроения и приборостроения неразрывно связаны с использованием кластеров, что позволяет оптимизировать производственные процессы и снизить затраты.

2. Кластеры упреждения продукции функционируют параллельно с кластерами опережающего развития ОП цехов и участков, обеспечивая взаимную адаптацию и согласование процессов производства.

3. В условиях цифровой циркулярной экономики использование кластеров напрямую связано с расширением возможностей существующих информационных платформ и созданием новых, что способствует повышению эффективности управления и адаптации производственных систем к изменяющимся условиям.

Благодарность проф. В.И. Димитрову за ознакомление с материалом.

### Библиографический список

1. Сатановский Р.Л., Элент Д. Парадигма активной адаптации организации производства в условиях цифровой циркулярной экономики // Организатор производства, 2023. Т.31, № 2, с.9–19.
2. Шкарупета Е.В., Ильина Е.А. Цифровая циркулярная экономика: концепция, модель, стратегия, фреймворк, технологии // Организатор производства, 2022. Т.30, № 4, с.9–17.
3. Бахмутский А. Парность — слово, парность — термин // Вестник Дома ученых Хайфы. Т.31, Хайфа, 2013, с.21–26.
4. Сатановский Р.Л., Элент Д. Моделирование эффективной организации производства с учетом компромисса и консенсуса // Организатор производства, 2018. Т.26, № 2, с.7–12.
5. Interpreting a standardized and normalized measure of neighborhood socioeconomic status for a better understanding of health differences, 2021.
6. Сатановский Р.Л. Методы снижения производственных потерь. М.: Экономика, 1988. 302 с.
7. Сироткина Н.В. Индикативное управление промышленными предприятиями в инновационной среде (теория, методология, практика): Автореферат докт. дис. Воронеж, 2008. 41 с.
8. Сатановский Р.Л., Элент Д. Использование кластера нормативно-индикативного управления эффективной организацией серийного производства // Организатор производства, 2022. Т.30, № 1, с.9–19.
9. Сатановский Р.Л., Элент Д. Трансформация ключевого показателя управления эффективной организацией серийного производства // Организатор производства, 2023. Т.31, № 1, с.34–47.
10. Сатановский Р.Л., Элент Д. Использование качества и скорости потребления ресурсов при активной адаптации организации производства подразделений // Организатор производства, 2023. Т.31, № 3, с.7–14.
11. Real-time Production Tracking Ad – <https://www.autodesk.com/>, 2022.
12. Top Cloud ERP System, 2021.
13. Анимица А., Тепман Л. Управленческий учет. Автоматизация учета и управления в малом и среднем бизнесе. Издательские решения, 2023. 320 с.

Поступила в редакцию – 07 августа 2024 г.

Принята в печать – 10 октября 2024 г.

### Bibliography

1. Satanovskij R.L., Elent D. Paradigma aktivnoj adaptacii organizacii proizvodstva v usloviyah cifrovoj cirkulyarnoj ekonomiki // Organizator proizvodstva, 2023. T.31, № 2, s.9–19.
2. SHkarupeta E.V., Il'ina E.A. Cifrovaya cirkulyarnaya ekonomika: koncepciya, model', strategiya, frejmvork, tekhnologii // Organizator proizvodstva, 2022. T.30, № 4, s.9–17.
3. Bahmutskij A. Parnost' — slovo, parnost' — termin // Vestnik Doma uchenyh Hajfy. T.31, Hajfa, 2013, s.21–26.
4. Satanovskij R.L., Elent D. Modelirovanie effektivnoj organizacii proizvodstva s uchetom kompromissa i konsensusa // Organizator proizvodstva, 2018. T.26, № 2, s.7–12.
5. Interpreting a standardized and normalized measure of neighborhood socioeconomic status for a better understanding of health differences, 2021.
6. Satanovskij R.L. Metody snizheniya proizvodstvennyh poter'. M.: Ekonomika, 1988. 302 s.
7. Sirotkina N.V. Indikativnoe upravlenie promyshlennymi predpriyatiyami v innovacionnoj srede (teoriya, metodologiya, praktika): Avtoreferat dokt. dis. Voronezh, 2008. 41 s.

8. Satanovskij R.L., Elent D. Ispol'zovanie klastera normativno-indikativnogo upravleniya effektivnoj organizaciej serijnogo proizvodstva // Organizator proizvodstva, 2022. T.30, № 1, s.9–19.
9. Satanovskij R.L., Elent D. Transformaciya klyuchevogo pokazatelya upravleniya effektivnoj organizaciej serijnogo proizvodstva // Organizator proizvodstva, 2023. T.31, № 1, s.34–47.
10. Satanovskij R.L., Elent D. Ispol'zovanie kachestva i skorosti potrebleniya resursov pri aktivnoj adaptacii organizacii proizvodstva podrazdelenij // Organizator proizvodstva, 2023. T.31, № 3, s.7–14.
11. Real-time Production Tracking Ad – <https://www.autodesk.com/>, 2022.
12. Top Cloud ERP System, 2021.
13. Animica A., Tepman L. Upravlencheskij uchet. Avtomatizaciya ucheta i upravleniya v malom i srednem biznese. Izdatel'skie resheniya, 2023. 320 s.

Received for publication - August 07, 2024.  
Accepted for publication – October 10, 2024.