

# ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

DOI: 10.36622/VSTU.2021.25.46.001

УДК 338. 585

## ОБОСНОВАНИЕ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА УЧАСТКОВ И ЦЕХОВ

Р.Л. Сатановский, Д. Элент

*Nuspark Inc.*

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

**Введение.** Статья отражает дополнительные к опубликованным в журнале “Организатор производства” с 2018 года результаты исследований по адаптивной организации производства. Использование рассматриваемого алгоритма принятия решения позволяет эффективно реализовать модели в практике работы участков и цехов серийного машино- и приборостроения

**Данные и методы.** Последовательность шагов алгоритма учитывает влияние и согласование показателей упреждения, опережения и предупреждения во взаимной адаптации продукции и производства. Базовая модель оптимизации используется для проведения расчетов при подстройке с сохранением производственной структуры участков цеха и перестройке при её изменении.

**Полученные результаты.** Представлены результаты моделирования показателей адаптивной организации серийного производства в реальной и виртуальной среде, их сближения, минимизации последствий потенциальных ошибок, расчета параметров обеспечения эффективного варианта развития и др.

**Заключение.** Последовательность шагов алгоритма, связанная с экономико-математическими моделями и изменением парадигмы адаптивного взаимодействия продукции и организации производства, отвечают современному уровню развития предприятий в условиях цифровой экономики и ERP – system .

**Ключевые слова:** адаптация, алгоритм, кластер, модель, организация, перестройка, подстройка, производство, развитие, среда, участок, эмерджентность, эффективность

### Для цитирования:

Сатановский Р.Л. Обоснование и обеспечение параметров инновационных проектов развития организации производства участков и цехов / Р.Л. Сатановский, Д. Элент // Организатор производства. 2021. Т.29. № 3. С. 7-19. DOI: 10.36622/VSTU.2021.25.46.001

---

### Сведения об авторах:

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

### On authors:

Rudolf L. Stanovski (*rudstanov@yahoo.com*), Dr. Sci. (Economy), Professor, consultant department of marketing.  
Dan Elent (*delent@nuspark.com*), direct department of marketing.

## JUSTIFICATION AND PROVISION OF PARAMETERS OF INNOVATIVE PROJECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE ORGANIZATION OF PRODUCTION OF SECTIONS AND WORKSHOPS

**R.L. Satanovsky, D. Yelent**

*Nuspark Inc.*

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

**Introduction.** *The article reflects additional to those published in the journal "Production organizer" since 2018, the results of research on the adaptive organization of production. The use of the considered decision-making algorithm makes it possible to effectively implement the models in the practice of the work of sections and workshops of serial mechanical engineering and instrument making*

**Data and methods.** *Mutual adaptation of products and production. The basic optimization model is used to carry out calculations when adjusting with the preservation of the production structure of sections of the shop and restructuring when it changes.*

**The results obtained.** *The results of modeling indicators of the adaptive organization of serial production in a real and virtual environment, their convergence, minimizing the consequences of potential errors, calculating the parameters for ensuring an effective development option, etc. are presented.*

**Conclusion.** *The sequence of steps of the algorithm associated with economic and mathematical models and a change in the paradigm of adaptive interaction of products and production organization correspond to the current level of development of enterprises in the digital economy and ERP - system.*

**Keywords:** *adaptation, algorithm, cluster, model, organization, restructuring, adjustment, production, environment, development, area, emergence, efficiency*

### For citation:

Satanovsky R.L. Justification and provision of parameters of innovative projects for the development of the organization of production of sections and workshops / Satanovsky R.L., Yelent D. // Organizer of production. 2021. Vol. 29. No. 3. P. 7-19. DOI: 10.36622/VSTU.2021.25.46.001

### Введение

Вопросы совершенствования организации производства, включая формирование производственной структуры предприятия, были поставлены представителями школы научного управления в начале XX века. Начиная с конца 20-х годов прошлого века принципы функциональной организации дополнялись социально – психологическими. С 50-х годов получили продвижение количественные исследования в организации, что было связано с развитием математики, кибернетики, теории информации, компьютеров и др. Использование моделей оптимизации, кластеризации, парности и др., открыли новые возможности рассмотрения и развития организации производства как инновационного проекта.

Под инновационным проектом организации производства участков и цехов понимается система (комплекс) мероприятий, обеспечиваю-

щих в течение заданного отрезка времени создание и внедрение эффективного варианта снижения производственных затрат. Важнейшей целью инновационного проекта в условиях цифровизации и ERP - system является согласование взаимодействия показателей продукции и производства за счет сближения процессов, протекающих в реальной среде и моделируемых в виртуальной [1].

В настоящее время машинно- и приборостроение характеризуется значительным расширением номенклатуры выпускаемой продукции, изменением частоты подстройки и перестройки производства и др.

Одно из определяющих направлений роста эффективности работы предприятий в отмеченных условиях связано с изменением парадигмы взаимной адаптации продукции и организации её производства. Под адаптацией понимают способность системы к обнаружению

целенаправленного приспособляющегося поведения в сложных средах и сам процесс такого приспособления. При пассивной адаптации организация производства должна приспособляться к динамике продукции, а последняя учитывать, по возможности, изменения первой. Активная адаптация в условиях цифровой экономики и внедрения ERP-system, предусматривает взаимное согласование объемов производства, упреждающих параметров создания продукции, её изменения и др. с решениями по опережающему развитию организации её производства [2].

Для перехода от пассивной адаптации к активной, прежде всего, нужна система расчетных моделей, с помощью которых осуществляется:

- перевод качественных оценок типа “хуже – лучше” в количественные оценки «меньше – больше»,

- согласование виртуальных расчетов с процессами, протекающими в реальном производстве

- проведение итерационного моделирование по линиям прямых и обратных связей при выборе лучшего варианта, которое характеризуется различием значений переменных величин при сохранении состава процедур обработки информации.

- обоснование эффективного взаимодействия показателей упреждения, опережения и предупреждения продукции и организации производства и др.,

В контексте рассмотрения парадигмы взаимной адаптации продукции и организации производства выделяют показатели:

- упреждения в чем-то, принимаемые как стратегические, связанные с длительным отрезком времени

- опережения в чем-либо, которые соотносятся со среднесрочным тактическим развитием

- предупреждения, обусловленные сделанными заранее оповещениями о чем-либо на краткосрочном (оперативном) отрезке времени

Их совокупность, ориентированная на получение синергетического результата, предусматривают возрастание эффективности от взаимодействия отдельных частей, их дальнейшей интеграции и слияния в единую систему в условиях эмерджентности. Последняя характеризует наличие у системы целостности, т.е. таких свойств, которые не присущи составляющим её частям.

ОРГАНИЗАТОР ПРОИЗВОДСТВА. 2021. Т. 29. № 3

Например, оперативные предупреждения о динамике показателей продукции (масштаба выпуска, конструкции и др.) ведут часто к тактическим опережающим изменениям в организации производства, составе и структуре трудовых и материальных ресурсов участков и цехов. В условиях активной адаптации, обоснованные параметры предупреждения со стороны производства, подтверждающие снижение его эффективности, например, из-за возникающих отклонений в процессе изготовления, дробления партий и др., обуславливают изменение кратко- и среднесрочных показателей продукции

Согласованию интересов взаимной адаптации, как показано ниже, связано с реализацией 10 шагов алгоритма принятия решений на основе базовой модели оптимизации. Это позволяет подразделениям действовать на опережение, а не просто реагировать на действия внешней среды.

Представленный на рис.1 алгоритм решений (в диапазоне от упреждения до предупреждения) используется для формирования первичной производственной структуры, последующей подстройки организации производства при её сохранении и перестройки при её изменении. Этап формирования включает проведение конструктивно-технологической классификации продукции цеха, её группирование по участкам, закрепление номенклатуры, определение параметров календарно-объемного плана (КОП), потребного оборудования (универсального, ОЦ, ЧПУ), рабочих мест и других показателей организации производства [3].

Алгоритм рис.1 реализует концепцию организации производства, как совокупности увязанных между собой взглядов и логически вытекающих одно из другого решения по достижению более эффективного варианта адаптивного развития. Она ассоциируется с разработкой комплекса расчетных моделей, необходимых пояснений их применения и обоснованной последовательности шагов по использованию.

Во многих странах эффективное управление ресурсами, с конца прошлого века связывают с использованием системы ERP (Enterprise Resource Planning).

В своей сути ERP – это информационная система для управления всеми бизнес-процессами и ресурсами компании на основе единой базы данных.

Многолетний опыт её применения в машино - приборостроении, например, в фирме “Nuspark” и других [4], выявил в ней отсутствие блока совершенствования организации производства, непосредственно влияющей на результаты работы предприятия. Рассматриваемые алгоритмы обоснования и обеспечения, которые становятся составной частью ERP –

system, обеспечивают решение задач развития современного производства

**Алгоритм обоснования**

Последовательность 10 шагов обоснования параметров подстройки /перестройки представлена на рисунке 1.

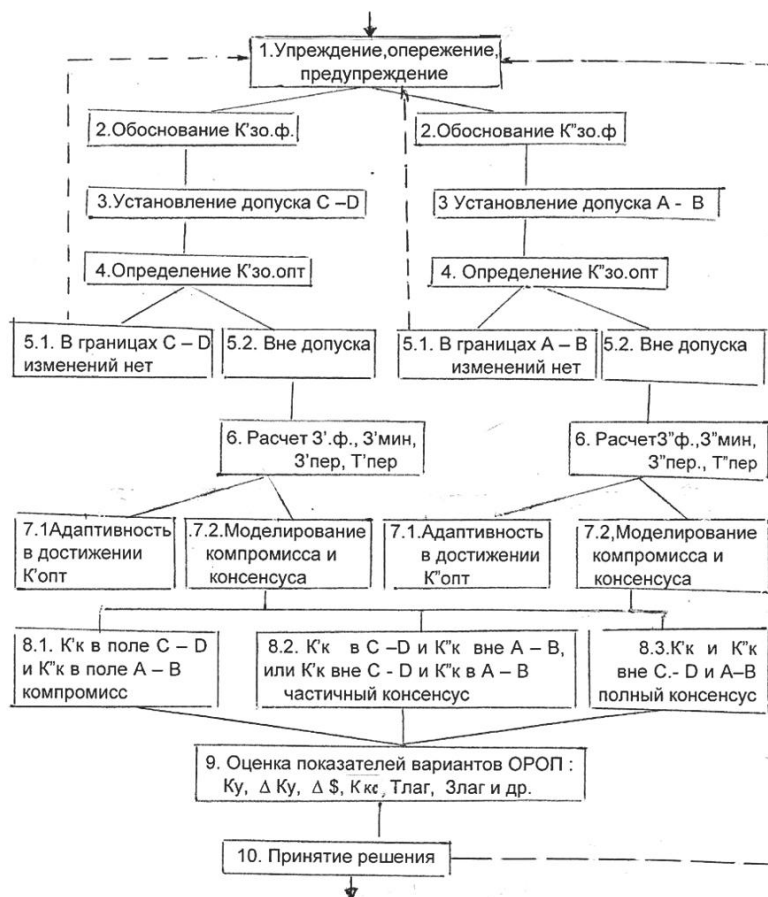


Рис. 1. Алгоритм обоснования решения  
Fig. 1. Decision justification algorithm

1 шаг. Связан с введением в модель алгоритма рис.1 показателей упреждения, опережения и предупреждения внешней среды (продукции) для использования в организации производства. Рассмотрение самих моделей расчета параметров внешней среды выходит за пределы статьи.

Изменения показателей продукции обуславливают реакцию в параметрах организации производства. Их оценка для принятия соответствующего ответного решения реализуется в последовательности шагов алгоритма

2 шаг. Для реализации алгоритма в цехах и участках используется базовая модель организации производства, в которой фактический (существующий) важнейший показатель частоты переналадок рабочих мест участка серийного производства  $K_{зо.ф.}$  определяется делением суммарного числа переналадок за месяц на количество рабочих мест [3]. По базовой модели относительно  $K_{зо.ф.}$  рассчитываются для каждого участка затраты производства, оценивается эффективность вариантов решений и др.

3 шаг. Значения  $K_{зо.}$  могут колебаться как в пределах разрешенного допуска на отклонение,

так и за его пределами. Знание величин допуска необходимо для оценки эффективности каждого последующих шагов развития организации производства, относительно предшествующих. Необходимость использования допуска, методика его обоснования и реализации даны в [3].

4 шаг. Оптимальная величина  $K_{зо.опт}$  рассчитывается по критерию минимальных производственных затрат  $Z_{пр.} = \sum Z + \sum H$ . Затраты  $\sum Z$  включают оплату труда, переналадок, вынужденных простоев, управления и др.  $\sum H$  - стоимость запасов незавершенного производства.

На вертикальных плоскостях графика Рис.2 видно, что с ростом количества переналадок рабочих мест участка (для облегчения дальше  $K_{зо} = K$ ), отражающих снижение серийности, увеличиваются затраты  $\sum Z$  и уменьшается стоимость запасов незавершенного производства  $\sum H$

В работе [2] показано, что из 16 факторов – аргументов базовой модели оптимизации выделены четыре, которые наиболее чувствительны к динамике параметров упреждения продукции и соответствующих изменений в организации производства. К ним относятся;

$R$  – количество позиций номенклатуры, закрепленной за участком

$По$  – число операций / производственных работ одной позиции

$t_n$  – трудоемкость производственной работы

$Ря$  – явочное число рабочих / операторов участка

После учета результатов упреждающего мониторинга этих показателей и введения их в базовую расчетную модель однопараметрической оптимизации, рассчитывают  $K_{опт.}$  и  $Z_{пр.мин}$ . Решение для двух участков  $K'$  и  $K''$  показано на вертикальных плоскостях рис. 2.

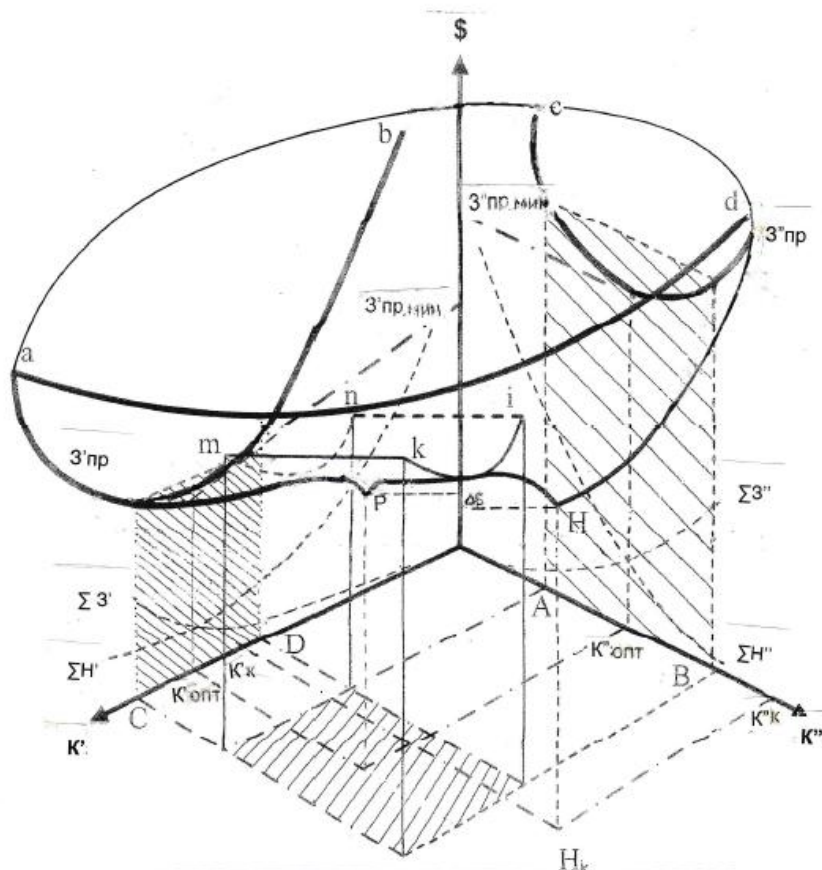


Рис. 2. Схема расчета эффекта эмерджентности  
Fig. 2. Scheme for calculating the effect of emergence

Использование отмеченных 4-х показателей взаимной адаптации в условиях цифровой

экономики, учитывая динамичность продукции и относительную инерционность производства,

наиболее обосновано при расчетах среднесрочного тактического опережения и краткосрочного оперативного предупреждения.

5 шаг. При нахождении  $K_{\text{опт}}$  участков в пределах допуска на  $K_{\text{ф}}$ , необходимость перехода к новым условиям в организации производства не возникают. Эта информация по линиям обратной связи возвращается для проведения дальнейшего итерационного моделирования.

Вопросы перехода появляются при выходе показателя  $K_{\text{зо.опт}}$  за границы допуска  $K_{\text{ф}}$  (нахождение вне допуска), хотя бы для одного из участков.

6 шаг. Для принятия решения о проведении дальнейших шагов следует сравнить результаты изменения текущих затрат производства  $Z_{\text{ф}}$  с  $Z_{\text{мин}}$ , учесть время и затраты перехода ( $T_{\text{пер}}$  и  $Z_{\text{пер}}$ ) от одного состояния организации к другому. Необходимость оценки затрат и времени перехода обусловлены невозможностью одномоментного изменения состояния организации. Нужно время и дополнительные затраты ресурсов для изменения размера незавершенного производства. Методика и последовательность их расчетов по базовой модели локальной оптимизации участков, даны в [3]

7 шаг. Разнообразие условий, к которым может адаптироваться организация производства участка для достижения  $K_{\text{опт}}$  за счет использования своих внутренних ресурсов, характеризуют его адаптивность. Когда ресурсов недостаточно, необходима кооперация с другими участками цеха и моделирование эффекта эмерджентности [5].

8 шаг. Взаимодействие ресурсами участка цеха осуществляют в широком диапазоне: от изменения конструктивно-технологической однородности продукции и роста уровня предметной замкнутости до кооперации рабочими, оборудованием и др.

Разные варианты кооперации обуславливают изменение организации производства, величины факторов-аргументов базовой модели, результатов согласования эффекта эмерджентности на трех уровнях, схематически представленных в центре рис.2 [5].

Первый уровень – компромисс - достижение результата взаимодействия ресурсами в

границах допуска  $m_{\text{ник}}$  (область  $P$ ) при плановой величине  $K_{\text{к}}$  и экономии  $\Delta S$

Второй уровень – частичный консенсус - достижение эффекта в  $H$ , когда отклонения одного из  $K_{\text{к}}$  (например для участка  $K''$ ) выходят за границы допуска, Экономия затрат  $\Delta S$  нарастает.

Третий уровень – полный консенсус – достижение эффекта связано с преодолением последствий нахождения  $K_{\text{к}}$  каждого участка за границами допусков предшествующего шага, Величина  $\Delta S$  при этом ещё больше.

Выполненные по участкам расчеты на трех уровнях и полученные значения  $K_{\text{к}}$ ,  $\Delta S = \Delta S' + \Delta S''$ ,  $Z_{\text{пр.мин}}$ ,  $K_{\text{опт}}$ ,  $Z_{\text{пер}}$  и  $T_{\text{пер}}$ , определяемые непосредственно по модели оптимизации, являются необходимыми для принятия предварительного решения на каждом уровне.

9 шаг. Дополнительными показателями, учитываемыми при принятии решения являются  $K_{\text{у}}$  и  $\Delta K$ . Величина  $K_{\text{у}}$ - коэффициент устойчивости как мера организационной стабильности производства участка, определяется отношением наличных ресурсов, необходимых для перехода в новые условия, к потребным для этого. Методы оценки  $K_{\text{у}}$ , уровня устойчивости  $\Delta K_{\text{у}}$  и затрат на каждый пункт, применительно к рассматриваемым участкам, даны в [2].

Время и затраты ( $T_{\text{лаг}}$  и  $Z_{\text{лаг}}$ ), обусловлены необходимостью преодоления разрыва между принятием инновационного решения и его реализацией. Например, связанные с профессиональной переподготовкой кадров, приобретением специальной техники, использованием программ расчета и др.

10 шаг. Моделирование в реальной среде проходит применительно к условиям подстройки, т.е. сохранения фактической (существующей) структуры организации производства цеха. Одним из требований сопоставимости оптимальных решений является фиксация (const) календарно – объемных планов (КОП) участков по выпуску продукции цеха.

Условие постоянства КОП в целом цеха сохраняется также при моделировании вариантов перестройки и создания новой производственной структуры. Расчеты в виртуальной среде в последовательности 10 шагов алгоритма рис.1 позволяют формировать кластеры и отбирать наиболее эффективные

В рассматриваемом ниже контексте кластер – это группа виртуально и реально соседствующих и взаимосвязанных участков, действующих в определенной сфере производства, характеризующихся общностью деятельности и взаимодополняющих друг друга.

Центральным вопросом моделирования при перестройке становится оценка формируемых участков по признакам парности, которые обуславливают образование новых целостностей – эффективных кластеров. Основные признаки парности, обоснованные в [ 6 ] и уточненные применительно к участкам производства машин и приборов в [ 7 ], обеспечивают прохождение теста парности. Интеграция успешно прошедших тест участков в систему виртуальной организации производства, обеспечивает по алгоритму рис.1 моделирование их изменений и получение эффекта эмерджентности.

На рис.2 представлена схема обоснования эффекта для одной пары, состоящей из двух участков цеха. Наличие трех и более участков приводит к возникновению различного числа парных сочетаний и необходимости отбора наиболее эффективных. Для проведения и реализации такого отбора по каждой паре (кластеру), осуществляется весь комплекс расчетов в последовательности алгоритма рис.1. Сравнение результатов моделирования в условиях управления цифровым производством позволяют их ранжировать для отбора лучших [ 7 ].

Отбор является только необходимым условием принятия решения по развитию. Достаточность определяется результатами моделирования процессов эффективного сближения параметров подстройки / перестройки, использования соответствующего механизма их обоснования, обеспечения и др. Для этого от средних величин параметров переходят к средневзвешенным [ 2 ].

Определение 16 факторов-аргументов базовой модели с учетом активной адаптации параметров упреждения продукции, опережения организации производства и предупреждения при управлении отклонениями проводятся, как отмечалось, в условиях сохранения постоянства календарно-объемных планов (КОП) участков и цеха при подстройке и перестройке. Для перехода от средних (  $K_k$  ) к обоснованным средневзвешенным величинам (  $K_{ks}$  ) используют модели оптимального календарного распределения программы, обеспечивающие комплектность

ОРГАНИЗАТОР ПРОИЗВОДСТВА. 2021. Т. 29. № 3

незавершенного производства, минимизацию отклонений от плана, поддержание нормативов эффективной организации и др. [ 8, 9 ]

Развитие организации производства неразрывно связано не только с моделированием показателей обоснования вариантов, но и их обеспечением. Обоснования параметров подстройки и перестройки, рассмотренные выше осуществляются в реальной и виртуальной средах с учетом результатов их согласования. Обеспечение решения включает параметры достижения, стабилизации и необходимой корректировки при изменении внешней и внутренней среды.

Обоснование является необходимым условием выбора вариантов эффективного развития. Достаточность связана с решением комплекса вопросов их обеспечения, без которых моделирование параметров выбора не имеет практического применения.

В работе [2] представлены задачи, используемые при расчете параметров алгоритма и их обеспечения. Комплекс, включающий минимально необходимые и рассчитанный на их дальнейшее улучшение и расширение, состоит из блока задач по обоснованию и трех направлений блока обеспечения:

1. Обоснование вариантов развития (10 задач)
2. Достижение планируемых показателей (4)
3. Поддержание стабильности (4)
4. Корректировка при изменении условий внешней и внутренней среды (2 задачи)

Центральный вопрос обеспечения связан с использованием нормативов эффективной организации производства, прежде всего размеров партий и периодичности их повторения. Они непосредственно влияют на оплату труда, подготовительно-заключительного времени, обслуживания, управления, на длительность производственного цикла изготовления, размеры и стоимость незавершенного производства и др. [3].

В работе [2] показано, что повышение эффективности организации производства участков цеха связано с обоснованием размеров комплектности запасов, достаточности собственных ресурсов для их изменения, оценкой привлекаемых дополнительных при недостатке своих, моделированием решений по преодолению трудностей и др.

Одно из направлений преодоления трудностей рассматривается с позиций качества ресурсов и скорости их использования. Если дополнительные трудозатраты в их преодолении удовлетворяются рабочими этого же подразделения, скажем за счет привлечения сверхурочных, совмещения профессий и др., то рассогласование между уровнем наличной и потребной квалификации сравнительно легко преодолимо. Если же для этого привлекаются рабочие других подразделений, в том числе и специально сформированных кластеров, то появляются сложности, обусловленные неприспособленностью отдельных компонентов ресурсов (рабочих, оборудования, оснастки и др.) к выполнению этой работы.

Требования к качеству результата работ по формированию незавершенного производства обуславливают требования к качеству отдельных компонентов ресурсов производства. Обозначим через  $E_i$  – требование к качеству  $i$ -й продукции. Тогда  $E_k$  ( $k = 1, 2 \dots L$ ) – это требование к качеству  $k$ -го компонента ресурса, производящего  $i$ -ю продукцию. Реально производственные системы (цех, участок) располагают компонентами производства, качество которых равно  $M_k$ . Тогда  $M_i$  – получаемое фактическое качество  $i$ -й продукции, где  $0 \leq M_i \leq 1$ ;  $M_i \geq E_i$  в случае, если  $M_k \geq E_k$  для всех  $k$  от 1 до  $L$ .

Требования к продукции (пороги)  $E_k$  представляют собой предельные (нижние) требования к их качеству. Соответственно пороги  $M_k$  представляют предельные (верхние) требования к качеству ресурсов. Если реальное качество ресурсов системы ниже порогового, то получить продукцию заданного качества по всем компонентам ресурса ( $D_p$ ) для производства  $i$ -й продукции нельзя.

Становится возможным:

- ввести понятие меры неприспособленности к компонентам ресурса системы к выпуску заданной продукции.

- определить общую неприспособленность системы по всем компонентам ресурсов для производства  $i$ -й продукции

Качество не лимитирующих составляющих комплексного ресурса (оборудование, площади и др.), по которым не можем (или считаем не нужным) выявить качество, влияющее на результат, в модели не учитывается.

Изготавливаемая продукция характеризуется не только качеством, но и количеством, т.е. выпуском в единицу времени, который для удобства назовем скоростью производства  $V$ . Её достижение также сопряжено с известными трудностями. Поэтому вводится понятие трудности выпуска  $i$ -й продукции по скорости ( $D_v$ ), т.е. трудности выполнения заданного объема работы  $A_i$  пл к заданному сроку  $t$  пл при качестве, удовлетворяющем требованиям  $E_i$ . Введя коэффициент ( $0 \leq u \leq 1$ ), учитывающий соотношение качества и скорости, получают, оценку общей трудности

$$D_i = (D_p)u + (D_v)(1 - u) \quad (1)$$

Модели расчета по формуле (1) представлены в [3].

Для двух и более сравниваемых подразделений общая трудность  $D_i$  будет ниже у того, который более профилирован к выпуску заданной продукции, т.е. адаптивность компонентов производства которого выше.

Адаптивность, как разнообразие условий, к которым может приспособиться система за счет своих внутренних возможностей, включает эффективное изменение предметной замкнутости, уменьшение потерь от устранения отклонений в ходе производства, отражаемых в колебаниях  $K_{зо}$  и др. [10].

Обеспечение заданного уровня производственных затрат на практике, во многом, связано с соблюдением расчетных календарно-плановых нормативов организации производства (величин партий, периодичностей их повторения, длительности производственного цикла и др.), снижением потерь от дробления партий, использованием моделей предупреждения и др. Значимость этих вопросов определяется необходимостью их решения в каждом из трех направлений обеспечения планируемых показателей (их достижения, поддержания и корректировки).

Для оценки совокупного влияния отмеченных факторов, по ряду подразделений проведен анализ распределения отклонений фактических размеров партий от обоснованно плановых. Анализ показал наличие как отрицательных отклонений, так и положительных, влияющих на изменение составляющих  $Z_{пр.мин}$  и  $K_{зо.опт}$  [10].



Необходимость обязательного выполнения программы при дробленных партиях обуславливает дополнительный запуск отставших, увеличение числа и стоимости переналадок, снижение скорости производства, его серийности и другие отрицательные последствия. Положительные отклонения, связанные прежде всего с необходимостью увеличения размеров партий за счет изготовления отстающих, пополнения комплектности запасов и др., частично сокращают отмеченные выше потери, но взаимно не уравнивают другие, обусловленные вложением дополнительных средств в запасы, их хранением и др. Задачи выявления этих потерь, их оценки и снижения, в условиях цифровой экономики и использования ERP – system, становятся все более актуальными

Отклонения включают как систематические, (проявляющиеся в различной напряженности работы в течение планового периода, периодичности сбоев и др.), так и случайные (появление брака, отказы и др.), которые желательно учитывать. Например, в [10] представлены кривые распределения за месяц показателя  $K_{зо}$  для предметно – замкнутых участков кластера цеха, обрабатывающих корпусные детали и тела вращения. Предметная специализация участков неполная. При изготовлении деталей имеет место частичная кооперация между ними.

На втором шаге алгоритма рис.1 показано, что  $K_{зо} = \sum P_o / P_{я}$ . При  $\sum P_o = 660$  за месяц и  $P_{я} = 30$  чел,  $K_{зо} = 22$  т. в среднем одна переналадка в день на протяжении 22 - х дней. При  $\sum P_o = 990$ , имеем  $K_{зо} = 33$ , т.е. 1.5 перестройки в день или 3 в два дня и т.д.

Влияние отклонений в работе участка по дням характеризуется средней величиной  $K'_{зо}$ . Результаты моделирования по рабочим местам календарного плана корпусного участка показали, что нормируемый в представленном выше формате, расчетный средний  $K'_{зо} = 24,3$ . Возможно соотношение  $K'_{зо} \leq K_{зо}$  или  $K'_{зо} \geq K_{зо}$

Отклонения в процессе производства находятся под воздействием внешних и внутренних факторов. Данные о  $K_{зо}$  и  $K'_{зо}$  позволяют по базовым моделям оптимизации Рис.2 определить величины производственных затрат. Разница между ними ( $\Delta S$ ) отражает потери, возникающие из - за отклонений. Расчеты подтверждают, что  $\Delta S$  каждого участка,

умноженные на их количество, дают предприятию значительный эффект [3].

Разброс  $K'_{зо}$  корпусного участка находится в диапазоне 10 - 30. На протяжении месяца можно выделить зоны повышенной серийности, стабильной средней и сниженной. Наблюдается увеличение амплитуды колебаний  $K'_{зо}$  к концу каждой недели, относительно равномерное распределение показателя на протяжении всего месяца, значительные выбросы к концу, связанные, прежде всего, с дроблением партий и др. Когда расчетный средний  $K'_{зо} > K_{зо}$  и выходит за пределы допуска на  $K_{зо}$ , необходимо оценить целесообразность дополнительных усилий для увеличения размеров партий корпусного участка, параметры переходного процесса, привлечения ресурсов второго и др.

Аналогичные расчеты по участку тел вращения подтверждают, что разница между соответствующими величинами  $K_{зо}$  и  $K'_{зо}$  также выходит за границы допуска. Согласно 8 шагу алгоритма в рамках кластера цеха проводится поиск решений по изменению организационных условий. Их согласование на уровне полного компромисса рис.1 решается изменением предметной замкнутости, построением взаимно увязанного календарного плана, обеспечивающего комплектность незавершенного производства, снижением пиковых выбросов  $K'_{зо}$  и другими мероприятиями

Для вскрытия причинно-следственных связей, традиционный анализ отклонений величин  $K'_{зо}$ , изложенный выше, следует дополнить другим. В контексте сказанного ранее, системы организации серийного производства участков относятся к открытым с превышением силы воздействия внешних факторов над внутренними. Это позволяет для выявления глубинных связей в отклонениях, традиционный анализ соединить с методом точечного отображения [11]. Его суть, как отмечается в [12], состоит не в выявлении факторов влияния на изучаемое явление, а в изучении самой траектории изменения показателя. Такой анализ позволяет выявить новые возможности оперативного управления её изменением.

Анализ связи на начало любого (n) -го дня и с его окончанием, скорректированным на начало следующего (n + 1) –го, открывает дополнительные пути снижения потерь. Например, за счет изменения траектории управления процессом предупреждения отклонений, в том

числе, ряда социальных факторов (учета последствий смены времен года, проведения выходных, праздников и др.

Для кластеров организации серийного производства, периодичность календарного планирования равна месяцу. Изменение траектории от  $K'_{zo}$  к  $(K'_{zo} + 1)$  каждого последующего дня в зависимости от предыдущего по методике [12], показано на рис.3 и рис.4. Каждому значению точки соответствует величина  $K'_{zo}$ . Метод позволяет рассматривать связи траекторий изменения состояния с любым дискреом дней месяца, что существенно расширяет возможности его использования.

Из графика рис.3 следует, что для участка корпусов смена тренда изменения величины  $K'_{zo}$  происходит порядка одного раза в неделю. ( 5 рабочих дней ). Тренды разнонаправлены.: в начале этого периода имеет место снижение  $K'_{zo}$  (рост партий, серийности), к окончанию - снижение размеров партий, рост числа переналадок, производственных затрат и др. Хорошо видна тенденция к росту амплитуды колебаний и снижению  $K'_{zo}$  к концу месяца.

График участка тел вращения рис.4 отражает схожие тенденции в динамике  $K'_{zo}$ . Разброс точек более ярко выражен. Можно выделить точки внутренней аттракции (планируемого стремления) к повороту тенденции изменения  $K_{zo}$  в сторону уменьшения (5,8,13,18,). Вместе с тем, точки (4,9,14,19) относятся к воздействию с целью изменения тенденции к увеличению  $K'_{zo}$ ,

дроблению партий для выполнения плана и др. Очевидно, что учитывая потери, управленческое воздействие для разных аттракций будет отличаться. Менее сильное на первых и более сильное на вторых.

Успешное предупреждение в возникновении таких точек и управление их изменением на этапах оперативного воздействия, привязанные к конкретным дням месяца, позволяет перевести ряд случайных отклонений в систематические, сопоставить социальные решения с экономическими последствиями, довести их до уровня рабочих мест различных профессий, квалификации и др. Важно, что накопление и обработка аналогичной информации за ряд месяцев расширяет наряду с экономической, также социальную значимость использования рассматриваемого метода.

В контексте сказанного, алгоритм обеспечения планируемых размеров партий включает следующие шаги.

1. Использование результатов рис.1 как входа в подсистему оперативного управления
2. Моделирование календарного плана для расчета  $K_{zo}$  и определение  $K'_{zo}$
3. Оценка потерь  $\Delta S$  как результата влияния отклонений
4. Получение точечных отображений по участкам в координатах  $(n)$  и  $(n + 1)$
5. Интерпретация точек аттракции на графиках аналогичных рис.3 и рис.4.

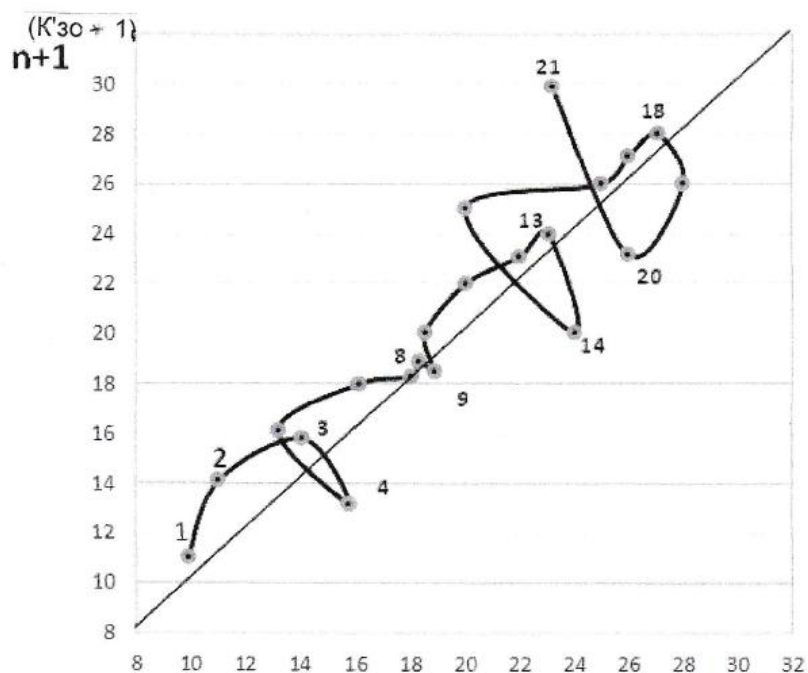


Рис. 3. Траектория  $K'zo$  корпусного участка по дням месяца  
 Fig. 3. Trajectory  $K'zo$  of the corpus section by days of the month

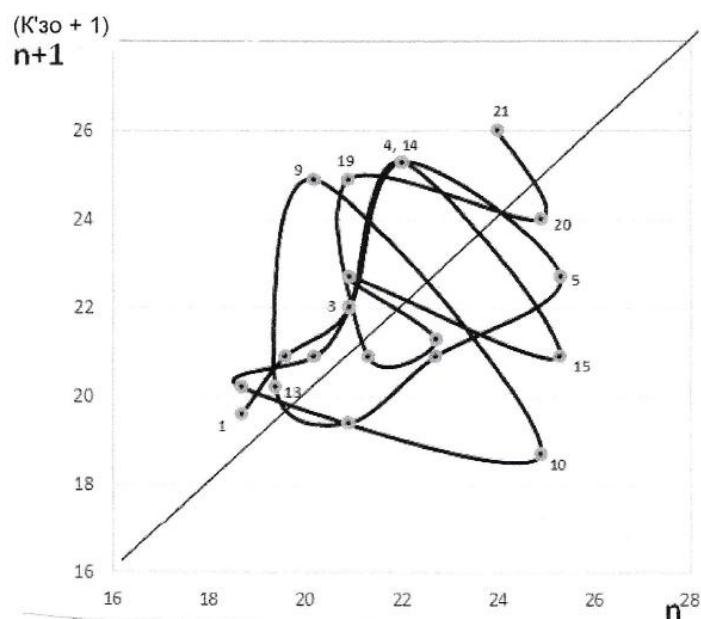


Рис. 4. Траектория  $K'zo$  участка тел вращения по дням месяца  
 Fig. 4.  $K'zo$  trajectory of the section of bodies of revolution by days of the month

6. Управление процессом их изменения на основе привлечения широкого круга специалистов (организаторов, программистов, экономистов, социологов и др.).

Раскрытие содержания ряда шагов нуждается в отдельном рассмотрении. Алгоритмы обоснования решения и параметров его обеспе-

чения отражают совокупность логически взаимосвязанных принципов и практических действий. Их проведение по своей сути является оптимизационным процессом с динамической обратной связью между текущими особенностями и задачами развития каждого из них. Смысл этой связи состоит в том, что решения предыду-

щего этапа предопределяют последующие, а затем снова адаптируются в зависимости от результатов последующего рассмотрения, которые поступают далее для анализа, учета и реализации.

### Выводы

1. Представленный алгоритм принятия решения рассматривается как типовой, показатели которого корректируются с учетом конкретных особенностей производства

2. Комплекс расчетов по обоснованию параметров и их обеспечению позволяет минимизировать последствия потенциальных ошибок, обосновывать наиболее результативные варианты, вести активный поиск новых направлений повышения эффективности производства

3. Последовательность шагов алгоритма, связанная с экономико-математическими моделями, изменением парадигмы взаимодействия продукции и организации производства, цифровизацией, внедрением ERP-system и др. отвечает современному уровню развития предприятий, в наибольшей мере обладающих потенциалом адаптивного развития.

4. Вчера, при отсутствии представленной концепции развития организации производства участков и цехов, говорить о широком применении алгоритма было рано. Завтра, когда время окажется безвозвратно упущено, может быть поздно.

5. Алгоритм принятия решения может использоваться предприятиями США, Канады, России и других развитых стран

Благодарность проф. Димитрову В.И. и проф. Колосову А.Н. за обсуждение материала статьи

### Библиографический список

1. Туровец О.Г., Родионова В.Н., Каблашова И.В. Обеспечение качества организации производственных процессов в условиях управ-

ления цифровым производством // Организатор производства № 4, 2018, с.65 - 76

2. Сатановский Р.Л., Элент Д. Эффективное использование резервов упреждающего развития организации производства при цифровизации// Организатор производства - Т. 29 № 1, 2021, с. 30 - 43.

3. Сатановский Р.Л. Методы снижения производственных потерь. М. Экономика, 1988, 302 с.

4. Top Cloud ERP System. 2021

5. Сатановский Р.Л., Элент Д. Получение синергетического эффекта в организации серийного производства // Организатор производства, Т.27, № 3, 2019, с.7 - 21

6. Бахмутский А. Парность – слово, парность – термин // Вестник Дома .Ученых Хайфы, Т.31, Хайфа, с. 21 - 26

7. Сатановский Р.Л., Элент Д.// Использование кластеров и моделей парности в развитии организации производства участков и цехов // Организатор производства, Т.28 № 4, с.34 - 44

8. Амелин С.В. Организация производства в машиностроении в условиях цифровой трансформации // Организатор производства №1, 2020, с. 17 - 23

9. Hill C.W, Jones G.R , Strategic Theory. An Integrated Approach, Stamford, Connecticut, Learning. 2015, 467 p

10. Эффективная организация качественного производства машин и приборов Л., Машиностроение, 1990, 159 с

11. Неймарк Ю.И. Метод точечных отображений в теории нелинейных колебаний. М.: Либроком, 2010. 472 с.

12. Колосов А.Н. Исследование соотношения доходов и расходов домохозяйств в Украине методом точечного отображения Л,Н,У, имени Тараса Шевченко, 2014, 24 с.

Поступила в редакцию – 13 августа 2021 г.  
Принята в печать – 21 августа 2021 г.

### Bibliography

1. Turovets O.G., Rodionova V.N., Kablashova I.V. Quality assurance of the organization of production processes in the conditions of digital production management // Production organizer No. 4, 2018, pp.65-76

2. Satanovsky R.L., Elent D. Effective use of reserves of proactive development of the organization of production during digitalization// The organizer of the production is vol. 29 No. 1, 2021, p. 30 - 43.

3. Satanovsky R.L. Methods of reducing production losses. M. Ekonomika, 1988, 302 p.
4. Top Cloud ERP System. 2021
5. Satanovsky R.L., Elent D. Obtaining a synergetic effect in the organization of serial production // Production organizer, Vol.27, No. 3, 2019, pp.7-21
6. Bakhmutsky A. Pairing - word, pairing - term // Bulletin of the House.Scientists of Haifa, vol.31, Haifa, p. 21 - 26
7. Satanovsky R.L., Elent D.// The use of clusters and pairing models in the development of the organization of production sites and workshops // Production organizer, Vol.28 No. 4, pp.34-44
8. Amelin S.V. Organization of production in mechanical engineering in the conditions of digital transformation // Organizer of production No. 1, 2020, pp. 17-23
9. Hill C.W, Jones G.R , Strategic Theory. An Integrated Approach, Stamford, Connecticut, Learning. 2015, 467 p
10. Effective organization of high-quality production of machines and devices L., Mashinostroenie, 1990, 159 p.
11. Neymark Yu.I. The method of point reflections in the theory of nonlinear oscillations. M.: Librocom, 2010. 472 p.
12. Kolosov A.N. Study of the ratio of household income and expenditure in Ukraine by the method of dot mapping L,N,U, named after Taras Shevchenko, 2014, 24 p.

Received – 13 August 2021

Accepted for publication – 21 August 2021