

ТРАНСФОРМАЦИЯ КЛЮЧЕВОГО ПОКАЗАТЕЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Р.Л. Сатановский, Д. Элент

Nuspark Inc.

Канада, Торонто, Онтарио, 400 Steeprock Dr., M3J 2X1

Введение. В статье представлены ключевые вопросы многолетнего использования важнейшего показателя адаптивной организации участков и цехов серийного производства (Кзо). Рассмотрены этапы его создания, становления и развития в дискретном машино- и приборостроении.

Данные и методы. Первоначально показатель использовался для характеристики существующей организации производственных участков и цехов. Динамика производства обусловила необходимость эффективного управления процессами изменения организационных условий, перехода от пассивной адаптации организации производства к активной. Базовая модель оптимизации Кзо дополнялась другими по расчету эффекта эмерджентности, выбором варианта развития в условиях компромисса, частичного/полного консенсуса, установления оптимальной продолжительности переходного периода и т.д.

Полученные результаты. Модели локальной оптимизации Кзо, его трансформации в Кзо*, Кзо**, Кзо***, методы настройки и реструктуризации, формирования кластеров с использованием методов согласования и эмерджентности, снижения напряженности во взаимодействии ресурсных площадок, алгоритм развития, разработаны и апробированы параметры обоснования принятия решений и их обеспечения, сближение виртуальных расчетов с реальными в производстве, снижение рисков, возможных ошибок и т.д.

Вывод. Перевод показателя Кзо из разряда отражающих в контролирующие, обоснование пределов допусков с учетом параметров продукции, передовой организации, предупреждение отклонений от разработанной системы нормативов эффективной организации производства и др. в условиях цифровой экономики и нормативно-индикативного управления направлены на мобилизацию внутренних резервов участков и цехов

Ключевые слова: адаптация, виртуальность, кластер, Кзо, система, организация, развитие, производство, трансформация, управление, эмерджентность, эффективность

Для цитирования:

Сатановский Р.Л., Элент Д. Трансформация ключевого показателя управления эффективной организации серийного производства // Организатор производства. 2023. Т.31. № 1. С. 34-47. DOI: 10.36622/VSTU.2023.94.85.003

TRANSFORMATION OF THE KEY MANAGEMENT INDICATOR OF EFFECTIVE SERIES PRODUCTION ORGANIZATION

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:

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

R.L. Satanovsky, D. Elent

Nuspark Inc.

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

Introduction. This article presents the key issues of multi-year use of the most important indicator of the adaptive organization of batch production areas and shops (Kzo). The stages of its creation, formation and development in the discrete machine and instrument making industry are considered.

Data and Methods. Initially, the index was used to characterize the existing organization of production sections and shops. The dynamics of production necessitated effective management of the processes of changing organizational conditions, transition from passive adaptation of production organization to active one. The basic model of Kzo optimization was supplemented with other ones to calculate the effect of emergence, the choice of development option in terms of compromise, partial/full consensus, establishing the optimal duration of the transition period, etc.

Results obtained. Models of local optimization of Kzo, its transformation into Kzo*, Kzo**, Kzo***, methods of adjustment and restructuring, cluster formation using matching and emergent methods, reducing tensions in the interaction of resource sites, development algorithm, developed and tested parameters of justification of decision-making and their provision., the convergence of virtual calculations with real ones in production, reducing risks, possible errors, etc.

Conclusion. Transfer of Kzo indicator from the category of reflecting into controlling, substantiation of tolerance limits taking into account product parameters. Advanced organization, prevention of deviations from the developed system of efficient production organization norms, etc. in conditions of digital economy and normative-indicative management are aimed at mobilization of internal reserves of sections and workshops

Keywords: adaptation, virtuality, cluster, Kzo, system, organization, development, production, transformation, management, emergent, efficiency

For citation:

Satanovsky R.L., Elent D. Transformation of the key management indicator of effective organization of serial production // Organizer of Production. 2023. Vol.31. No. 1. Pp. 34-47. DOI: 10.36622/VSTU.2023.94.85.003

ВВЕДЕНИЕ

С середины прошлого века адаптивное развитие организации серийного производства участков и цехов машино- и приборостроения связано, во многом, с внедрением ключевого (важнейшего, определяющего) показателя частоты смены производственных работ подразделений Кзо и его трансформацией.

В [1, 3, 9, 12 и др.] представлены ссылки, отражающие различные аспекты использования Кзо в ряде стран.

Показатель Кзо – коэффициент закрепления операций характеризует отношение числа всех различных технологических операций или производственных работ (перестроек, переналадок), выполненных или

планируемых в среднем на одно рабочее место участка в течение месяца (22 рабочих смены). Кзо является одной из основных характеристик типа производства, выделяемой по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности, объема выпуска изделий [4].

Величины Кзо подразделений и средние размеры партий (n) связаны формулой

$$n = \Phi \text{ По} / t \text{ Кзо}, \quad (1)$$

где Φ – фонд времени рабочего места, По - число операций (переналадок), t - трудоемкость производственной работы.

Наличие функциональной зависимости между (n) и Кзо подтверждает объективную необходимость ее активного использования для эффективного развития организации серийного производства. Управление участками на основе Кзо.опт, позволяет реализовать оптимальные размеры партий, их корректировать, повышать рентабельность производства и др. Суть Кзо раскрывается многообразием его использования в различных состояниях организации производства (ОП).

Под состоянием ОП участков и цехов понимаем информацию о формах их поведения вчера, сегодня и завтра, как реакцию на заданный входной сигнал при изменении количества продуктов, производственного плана, дробления партий и др.

Управление подразделениями дифференцируется с учетом параметров ключевого показателя развития при состояниях:

- календарно-объемного плана (КОП) и Кзо;
- расчетных нормативов ОП и Кзо*;
- календарного распределения (КР) плана и Кзо**;
- оперативного регулирования (ОР) и Кзо***.

В каждом из состояний имеет место трансформация Кзо, соотносимая с:

- упреждением в чем-то-, принимаемом как стратегическое на длительном отрезке времени
- опережением в чем-либо на среднесрочном тактическом развитии
- предупреждением о чем-либо на краткосрочном оперативном отрезке времени.

Узловые вопросы обоснования и трансформации Кзо, его становления, освоения и развития, рассмотрены в статье.

МОДЕЛИ СТАНОВЛЕНИЯ

В 50-х годах прошлого века научной школой Ленинградского Инженерно-экономического института был предложен и

исследован показатель специализации рабочих мест Кс (замененный позднее ГОСТ [8] на Кзо). Его непосредственная связь с партиями обрабатываемых предметов в многономенклатурном серийном производстве позволяла использовать Кс для оценки существующей периодичности повторения, длительности цикла, равномерности производства и др. [4]. Дальнейшее применение его в этом качестве, когда теория объясняла достигнутые результаты, но не предопределяла их изменение, отражало тупиковую ситуацию. Возникла потребность в исследованиях на новом уровне.

К концу 60-х годов активное расширение номенклатуры выпускаемых изделий, ускорение их смены, снижение серийности, необходимость внесения соответствующих изменений в организационные условия и др., обусловили перевод Кс из показателя, отражающего состояние их производства в управляющий развитием, что оказалось неизмеримо важнее. Новые цели обусловили развитие новых подходов и моделей их достижения. Применение экономико-математических методов, программирования, вычислительной техники, разработка расчетных моделей и др., способствовали этому [5].

В начале 70-х годов была создана и апробирована базовая расчетная многофакторная модель оптимизации вариантов организации производства участков. Изменение величин каждой из составляющих производственных затрат Зпр, функционально связано с показателем Кс = Кзо [6].

$$Зпр = \sum O + \sum Зп.з + \sum Зпл + \sum Л + \sum Н \quad (2)$$

где $\sum O$ – оплата рабочих подразделения,

$\sum Зпз$ – оплата подготовительно-заключительного времени,

$\sum Зпл$ – величина затрат по планированию и учету движения продукции,

$\sum L$ – оплата простоев рабочих мест в ожидании обслуживания,

$\sum H$ – стоимость запасов незавершенного производства.

Для удобства, первые четыре составляющие формулы (2), в дальнейшем, рассматриваются как $\sum 3$. При однонаправленном увеличении K_{30} они растут, а стоимость запасов (внутри и между участками) снижается. Это позволяет находить $K_{30.опт}$ по критерию $Z_{пр.мин}$.

Использование результатов моделирования с учетом 16 факторов-аргументов модели потребовало обоснования допуска на значения K_{30} . Подобно системе допусков при создании изделий, необходимы границы, нахождение в пределах которых не требует пересмотра организационных условий, расчета продолжительности и затрат при переходе от менее эффективного варианта к более и др. Без обоснования и моделирования границ допуска, невозможно оценить риски, достоверность показателей – их точность, надежность, чувствительность, устойчивость [7] и др.

В 80-е годы продолжалось активное внедрение расчетных моделей локальной оптимизации в практику. Во многом этому способствовало утверждение ГОСТ 14.004 – 74 ЕСТПП [8], закрепившего обязательное использование показателя K_{30} (вместо аналогичного K_c) в организации производства машиностроительных предприятий страны, а также издание ГОССТАНДАРТОМ Руководящего документа – “Методические указания (РД 50-174-80) по выбору оптимальной величины K_{30} для предприятий (цехов и участков) машино- и приборостроения” [9].

Последующее утверждение нормативных документов ГОСТ ЕСТПП “Методические рекомендаций по основным требованиям к организации производственных процессов” (МР 66-82) и ряда отраслевых, способствовали ускорению разработки системы нормативов эффективной организации производства и её

апробации на 250 предприятиях машиностроения.

Нормативы – это параметры, обеспечивающие заданные нормы расходования ресурсов. Фактическим нормативам соответствуют действующие нормы, оптимальным – минимальные, плановым – планируемые. В контексте сказанного, к важнейшим нормативам организации производства участков и цехов относятся: K_{30} , состав и структура подразделений цеха, уровень их предметной замкнутости, занятость обслуживающего персонала, календарно-плановые нормативы движения продукции (размеры партий, периодичность повторения, длительность производственного цикла), время переходного периода, размер комплектного незавершенного производства и др.

Ключевым нормативом, обуславливающим параметры остальных, является K_{30} . Задача состоит в установлении и поддержании оптимальных значений каждого из компонентов системы нормативов, связанных с $K_{30.опт}$ и $Z_{пр.мин}$ [10]. Использование K_{30} обеспечило переход к нормативному управлению (НУ) организацией производства подразделений. Создание и апробация нормативной базы эффективной ОП участков и цехов, способствовали подготовке окончательной редакции ГОСТ ЕСТПП “Основные требования к организации производственных процессов изготовления изделий на предприятиях”. В пояснительной записке отмечается, что цель стандарта – установление основных требований к ОП изготовления изделий в условиях ускоренных темпов обновления продукции предприятиями. Срок введения стандарта 1.03.83. сдвинулся из-за начавшейся перестройки.

Рассмотренный комплект документов, подтвержденный действующими ГОСТ 14.004 – 833 и 1102 – 2011, фиксирует, что K_{30} отражает как существующую, так и планируемую (наиболее эффективную) ОП с затратами, которые связаны с ним

функционально. В крупносерийном производстве $1 < K_{зо} \leq 10$, среднесерийном $10 < K_{зо} \leq 30$, мелкосерийном $30 < K_{зо} \leq 40$. Модели определения $K_{зо.ф.}$, $K_{зо.опт}$ и $K_{зо.пл.}$, представленные в [2, 9], могут корректироваться.

Использование $K_{зо}$ в условиях первого состояния ОП, связано с объемно - календарным планом (КОП) по показателям которого рассчитываются средние значения факторов – аргументов базовой модели оптимизации

МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ

Перестройка экономических отношений привела к изменению в темпах и пропорциях развития промышленности, совершенствования ОП, использования $K_{зо}$, расширения системного подхода и др. Необходимость выполнения заказов в срок любыми средствами способствовали, с одной стороны, некоторому снижению роли ОП в получении прибыли, а с другой, актуализации решения задач опережающего развития и др. [11].

Современная экономика предъявляет ряд новых требований к организации производства участков и цехов, успешная реализация которых непосредственно связана с развитием теории, методов и практики использования $K_{зо}$. К важнейшим из них относятся:

- необходимость формализации возникающих трудностей и их устранение;
- учет параметров упреждения, опережения и предупреждения для перехода от пассивной адаптации производства и продукции, к активной;
- продвижение от локальной модели оптимизации ОП к системной;
- достижение эффекта эмерджентности при компромиссе, частичном и полном консенсусе;
- использование метода парности при формировании кластеров производства и управления;
- согласованное сближение виртуальных процессов развития с

протекающими в реальном производстве при его подстройке и перестройке;

- разработка алгоритма обоснования параметров развития ОП и их обеспечения;
- создание моделей снижения рисков и устранения потенциальных ошибок;
- обоснование эффективных величин $K_{зо}$, $K_{зо}^*$, $K_{зо}^{**}$ и $K_{зо}^{***}$, соответствующих им затрат $Z_{пр}$, нормативов и неопределенности;
- задействование резервов цифровой экономики, органичное включение блока развития производства в “FRP – system”;
- формирование информационного кластера нормативно – индикативного управления и др.

Рассмотрим кратко некоторые из этих требований.

Динамика параметров продукции и производства обуславливают возникновение трудностей, которых достаточно много. В общем случае, нужно:

- оценить место и время возникновения трудностей;
- определить направления их снижения, векторы подстройки ресурсов и др.

В рассматриваемом контексте, речь идет, прежде всего, о преодолении трудностей, связанных с обоснованием норматива комплектного незавершенного производства $\sum H$ и его обеспечения при изменениях во внешней и внутренней средах. В конечном счете реализация трудностей эффективного развития ОП обусловлены отмеченными ранее её состояниями. Выделяют следующие состояния в трансформации $K_{зо}$:

1. Обоснования, связанного с результатами моделирования $K_{зо.опт}$ с учетом календарно – объемного плана производства (КОП).
2. Достижения, связанного с моделированием $K_{зо}^*_{опт}$, на основе предварительно согласованных с существующими (КПН), включающих размеры партий, периодичность их повторения, длительность

производственного цикла в условиях сохранения КОП.

3. Стационарности, связанной с моделированием $K_{зо}^{**опт}$, на основе (КПН), сохранения КОП и его календарно – планового распределения (КПР) по рабочим местам.

4. Коррекции по результатам моделирования ($K_{зо}^{***}$) при оперативном регулировании КПР, обусловленном дроблением партий и др. отклонениями.

При высокой динамике среды одно из определяющих направлений роста эффективности работы предприятий в современных условиях связано с изменением парадигмы взаимной адаптации продукции и организации её производства. При пассивной адаптации ОП должна приспосабливаться к динамике продукции, а последняя, лишь по возможности, учитывать изменения первой. Активная адаптация в условиях цифровой экономики предусматривает взаимное согласование упреждающих параметров создания и доработки продукции с решениями по опережающему развитию организации её производства [11].

По правилу Парето в любой системе показателей можно выделить 20% важнейших, определяющих 80% результата. В работе [11] показано, что из 16 факторов – аргументов базовой модели оптимизации, четыре являются важнейшими, так как они наиболее чувствительны к динамике параметров продукции и соответствующим изменениям в организации производства. К ним относятся:

R – количество позиций номенклатуры, закрепленной за участком;

$По$ – число операций / производственных работ одной позиции;

$тн$ – трудоемкость производственной работы;

$Ря$ – явочное число рабочих / операторов участка.

По результатам мониторинга упреждения продукции, изменения 4-х показателей опережения ОП и ведения их в

многофакторную модель оптимизации, рассчитывают $K_{зо.опт}$ и $Зпр.мин$.

Моделирование в реальной среде реализуется применительно к условиям подстройки, т.е. сохранения фактической (существующей) структуры организации производства цеха. Одним из требований сопоставимости оптимальных решений является фиксация КОП участков по выпуску продукции цеха. Условие постоянства КОП цеха сохраняется также при моделировании вариантов перестройки и создания новой производственной структуры в виртуальной среде, формировании кластеров и отборе наиболее эффективных [14].

В рассматриваемом ниже контексте кластеры – это группы виртуально и реально соседствующих и взаимосвязанных участков, действующих в определенной сфере производства, характеризующихся общностью деятельности и взаимодополняющих друг друга. Важнейшим вопросом моделирования при перестройке становится оценка формируемых участков по признакам парности, которые обуславливают образование новых целостностей - эффективных кластеров. Основные признаки парности, сформулированные в [15] и уточненные применительно к участкам производства машин и приборов в [13], обеспечивают им прохождение теста ”парности”.

Функционирование прошедших тест участков свидетельствует о наличии возможности их эффективной кластеризации и нахождении каждого из них в своей зоне устойчивости (допуска) а цеха - в состоянии системного равновесия [13]. Большие изменения параметров упреждения по продукции и опережения производства, способствуют выходу систем из состояния равновесия со всеми вытекающими последствиями.

Интеграция успешно прошедших тест участков в систему виртуальной организации производства, обеспечивает моделирование

их изменений, оценки времени и затраты перехода (Тпер и Зпер) от одного состояния организации к другому (лучшему), соотношению интенсивного и экстенсивного расходования средств и пр. Необходимость их оценки обусловлены невозможностью одномоментного изменения состояния организации. Нужно время и дополнительные затраты ресурсов для изменения размера незавершенного производства при снижении Кзо и для проведения организационных мероприятий при его повышении. Методика их расчета по модели локальной оптимизации участков, даны в [2].

Разнообразие условий, к которым может приспособиться организация производства участка для достижения Кзо опт за счет использования своих внутренних ресурсов, характеризуют его адаптивность. Когда ресурсов недостаточно, необходима кооперация ими с другими участками и моделирование эффекта эмерджентности, которая является одним из ключевых понятий теории и практики организации и управления сложными системами. Её эффект свидетельствует о наличии у системы целостности частей. При их взаимодействии они претерпевают качественные изменения, так что некоторая часть целостной системы становится не тождественна аналогичной, взятой изолированно. Общий результат как правило, превышает сумму отдельных оптимальных локально.

Взаимодействие ресурсами участков цеха осуществляется 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 в ОП, величинах факторов-аргументов базовой модели, результатах согласования эффекта на трех уровнях [13].

Первый уровень – компромисс при достижении взаимодействия ресурсами в границах допуска $m_{пик}$ (область Р),

планируемой величины $K_{зо}$ пл.= K_k и экономии ΔS .

Второй уровень – частичный консенсус - достижение эффекта в Н, когда отклонения одного из K_k (например для участка К”) выходят за границы допуска, Экономия затрат ΔS нарастает.

Третий уровень – полный консенсус – эффект обусловлен преодолением последствий нахождения K_k каждого участка за границами допусков предшествующего шага, Величина ΔS при этом ещё больше.

Выполненные по участкам расчеты на трех уровнях и полученные значения K_k , ΔS , Зпр.мин, $K_{зо}$ опт, Зпер и Тпер и др., определяемые непосредственно по модели оптимизации, являются необходимыми для предварительного вывода по каждому уровню и тиражирования их в решения по реальной подстройке и виртуальной перестройке производственной структуры.

Выше рассмотрена 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 изложенной выше последовательности с учетом $K_{зо}$. Сравнение результатов моделирования в условиях управления цифровым производством позволяют их ранжировать для отбора лучших [13].

Отбор является только необходимым условием принятия решения по развитию с использованием $K_{зо}$.опт.

Достаточность определяется результатами моделирования процессов эффективного сближения параметров подстройки и перестройки, использования соответствующего механизма их обоснования, обеспечения и др. Для. этого от средних величин параметров переходят к среднезвешенным [14].

МОДЕЛИ ПРОДВИЖЕНИЯ

Активная адаптация параметров упреждения продукции, опережения организации производства и предупреждения в управлении отклонениями проводятся, как отмечалось, в условиях сохранения постоянства КОП участков при подстройке и цеха при перестройке. Решение задач развития ОП связано с возникновением напряженности, конфликтными ситуациями, необходимостью их моделирования, преодоления и др. Узловые вопросы управления эффективностью ОП и снижения напряженности между участниками с использованием $K_{зо}$ даны в [18].

$K_{зо}$ как средняя характеризует всю совокупность организационных условий производства. Полученные по формуле (1) предварительные размеры конкретных партий и других нормативов, скорректированные по условиям работы подразделений, обуславливают результаты моделирования $K_{зо}^{*opt}$ и расчета величин КПН. С учетом этих КПН обосновывается календарное распределение плана по рабочим местам, их загрузка, новые величины факторов-аргументов модели оптимизации, моделируемая величина $K_{зо}^{**opt}$, гистограмма распределения $K_{зо}^{**}$, её средневзвешенное значение по числу рабочих мест, оценка энтропии. и др.

Для перехода от среднего ($K_{зо}$) через $K_{зо}^*$ и обоснованные КПН, к средневзвешенной величине ($K_{зо}^{**}$) используют модели оптимального календарного распределения программы. Одна из них, направленная на обеспечение комплектности незавершенного производства, поддержание нормативов эффективной организации и др., представлена в [16, 17]

Комплекс расчетов, рассмотренных выше задач, лежит в основе разработанного типового алгоритма принятия решения. Его блоки используют для расчета $K_{зо}^{opt}$, $K_{зо}^{*opt}$ и $K_{зо}^{**opt}$, параметров обоснования подстройки / перестройки и их обеспечения. Без решения задач обеспечения

алгоритм утрачивает свою значимость для практики.

Алгоритм обоснования решения при разной частоте смены работ и параметров его обеспечения отражает совокупность логически взаимоувязанных принципов и практических действий. Их проведение при нормативном управлении (НУ), по своей сути, является оптимизационным процессом с динамической обратной связью между текущими результатами и задачами развития. Смысл этой связи состоит в том, что решения предыдущего этапа определяют последующие, а затем снова адаптируются в зависимости от результатов последующего рассмотрения, которые поступают далее для анализа, учета и реализации.

Наиболее успешно задачи активной адаптации решаются при использовании модели информационного кластера, включающего нормативное и индикативное управление, как эффективный инструмент, обеспечивающий её доведение до участков и рабочих мест [23].

Учет возможности дополнительного снижения потерь от уменьшения отклонений в расчетных календарно-плановых нормативах из-за дробления партий, обуславливает величину $K_{зо}^{***}$ [19].

Задействование моделей предупреждения связано с использованием точек внутренней аттракции (планируемого стремления) к повороту тенденций изменения $K_{зо}^{***}$ факт и снижения вероятности дробления партий [12]. Узловые вопросы снижения потерь в отклонениях нормативных размеров партий, представлены в [19]. Изменение гистограмм распределения $K_{зо}^{***}$ за счет устранения точек значительной аттракции (внешней и внутренней) и увеличение концентрации (удельного веса) скорректированного числа переналадок по рабочим местам, обуславливает снижение потерь в производстве и уменьшение энтропии (неопределенности).

Трансформация $K_{зо}$ направлена на дальнейшее уменьшение потерь и рисков из-за отклонений в процессе производства. Отсутствие или минимальные риски из – за отклонений, имеют место при колебаниях показателей в границах допуска. Величина потерь от риска (degree of risk) определяется произведением вероятности возникновения риска на размер возможных потерь при наступлении рискованного события в результате отклонения от оптимального $K_{зо}$. Переход от компромисса к частичному и полному консенсусу связан с выходом расчетных показателей модели ОП за пределы допусков. В итоге увеличиваются финансовые потери от риска, которые необходимо учитывать при выборе вариантов развития ОП. Их расчеты приведены в [21].

В рассматриваемом контексте, вероятности возникновения отклонений от оптимальных организационных условий, во многом, обусловлены типом производства участков, конкретными особенностями их продукции, технологии, адаптивной организацией, управлением и др. [8, 9]. В каждом из типов и диапазонов $K_{зо}$ имеются свои возможности локализации негативных последствий, устранения потенциальных ошибок, рисков и др. Модели их расчета, оперативного регулирования и др., даны в [2, 21].

Цифровизация предприятий неизмеримо расширяет возможности по использованию $K_{зо}$ в развитии активной адаптации ОП, переходе от качественных оценок типа “лучше – хуже” к количественно определенному их качеству типа “меньше – больше”, эффективному использованию внутренних ресурсов и др. Каждое из четырех состояний ОП отличается параметрами $K_{зо}$, $Z_{пр.}$, неопределенности и др. В качестве меры неопределенности в теории информации применяют специальную характеристику, называемую энтропией. Степень неопределенности системы ОП обусловлена числом возможных

конкретных состояний и их вероятностями [21].

Максимальное значение энтропия достигает тогда, когда вероятности всех состояний одинаковы. Минимального значения энтропия достигает тогда, когда одно из значений вероятности равно единице, а остальные равны нулю. В реальном многоименном серийном производстве установить состояние в системе ОП с минимальным значением энтропии практически невозможно. Вместе с тем стремиться к её снижению необходимо. Именно в понижении энтропии системы, снижении связанных с ней производственных рисков, повышении степени её организованности и др., заключается важнейшая цель управления производством при его цифровизации.

Наибольшая сложность обусловлена получением гистограмм распределений $K_{зо}$ и оценки их вероятностей для состояний ОП с $K_{зо}$, $K_{зо}^*$, $K_{зо}^{**}$, $K_{зо}^{***}$. Для первых трех состояний, позволяющих оптимизировать значения частоты переналадок, непрерывному изменению каждого из $K_{зо}$, соответствует определенная функция затрат $Co(K_{зо})$, моделирование которой хорошо описывает поведение системы ОП с точки зрения теории информации. В [2] показано, что работа с любым $K_{зо}$, отличным от $K_{зо.опт}$, выходящим за пределы его допуска, приводит к большим затратам, т.е. потерям.

Функция затрат $Co(K_{зо})$ имеет вполне определенную природу и выражение, связанное с наличием одной точки экстремума, непрерывности, асимметричного расположения, пологой кривой в зоне оптимума $K_{зо}$, т.е. минимума затрат. Эту функцию можно аппроксимировать различными аналитическими выражениями. Наибольший интерес представляет такая функция $S(K_{зо})$, которая выводит на один из известных законов, связанных с распределением нормированных показателей. В работе [21] показано, что для такого их распределения по каждому участку можно рассчитать:

- функции совокупных расходов S_o (K_{3o}), нормированных относительно минимальных значений их затрат ($Z_{пр} / Z_{пр мин.}$);

- соответствующие им функции плотности вероятности числа переналадок $f = (K_{3o})$, нормированных относительно их оптимальных величин, ($K_{3o} / K_{3o опт}$);

- гистограммы распределения вероятности нормированных K_{3o} .

Для расчета энтропии первого, второго и третьего состояний ОП используется методика, рассмотренная в [2]. Для её уточнения в третьем состоянии ОП, дополнительно следует использовать получение гистограмм и вероятности распределения средневзвешенного K_{3o}^{**} по рабочим местам участка на основе календарного плана. Для расчета энтропии четвертого состояния ОП используют гистограммы и расчет вероятности с учетом данных планируемого распределения работ по минимизации отклонений из – за дробления партий и др.

В общем случае, снижение энтропии системы говорит о росте её организованности, уменьшению неопределенности, дополнительному сокращению затрат.

На многих предприятиях эффективное управление ресурсами, с конца прошлого века связывают с применением системы ERP (Enterprise Resource Planning). В своей сути “ERP-system” – это информационная система для управления всеми бизнес-процессами и ресурсами компании на основе единой базы данных. Многолетний опыт её применения в машино- и приборостроении [22], выявил отсутствие у неё в законченном виде блока совершенствования организации производства, непосредственно влияющего на результаты работы предприятия. Разработанные алгоритмы обоснования и обеспечения, которые, во многом, отражают концепцию адаптивного развития ОП, становятся составной частью “ERP – system” и других, направленных на решение задач

роста эффективности современного производства [19].

Концепция активной адаптации организации производства рассматривается как совокупность увязанных между собой взглядов и логически вытекающих одно из другого решений по достижению более эффективного варианта развития. Она ассоциируется с разработкой комплекса расчетных моделей, необходимых пояснений их применения и обоснованной последовательности шагов по использованию K_{3o} . Создание общей расчетной модели развития ОП в условиях активной адаптации и цифровизации ждет своей реализации.

Результаты предварительных исследований в направлении нормативно-индикативного управления (НИУ) показали эффективность создания имитационной модели кластера, информационно объединяющего модели упреждения предприятия с моделями опережающего развития его организации.

Это позволяет снизить вероятность непредвиденного изменения программы и дополнительные затраты по устранению возникших трудностей. Системное изложение ряда вопросов формирования модели информационного кластера НИУ рассмотрено в [24]. По каждому состоянию ОП определяется информация изменения ровней $У_u$ и $У_p$ (организации по K_{3o} и затратам по $Z_{пр}$). Сравнение участков по итогам моделирования вариантов подстройки / перестройки [10], обеспечивает:

- переход от прямых оценок к уровням;
- установление корреляции между изменениями уровней ОП и затрат;
- расчет снижения затрат на каждый пункт роста $У_u$;
- использование $У_u$ для проведения бенчмарка.

Бенчмарк это постоянный и систематический процесс сравнения собственной эффективности, качества, методов производства и других

составляющих с наиболее эффективными (лучше оптимальными) [25]. Внутренний бенчмарк ОП – это сравнение результатов внутри предприятия по росту эффективности создания новых кластеров. Внешний – анализ разных предприятий по выбору лучшего варианта развития ОП.

Важнейшая особенность ОП участков связана с их эксклюзивностью (по продукции, её однородности, специфике ОП и др.), В данном контексте, прямое сопоставление величин Зпр, недостаточно. Сравнение по относительной оценке посредством Уу связывает внутренний с внешним бенчмарком, состояния ОП с Кзо и др.

Одним из результатов моделирования бенчмарка ОП становится анализ показателей адаптации по двум направлениям, которые рассматриваются в двух взаимосвязанных процессах: ассимиляции и аккомодации, как способах приспособления к ситуации. Различие в том, что при ассимиляции мы встраиваемся в новую ситуацию без изменения, а при аккомодации мы меняем наши привычные действия, модели мышления и оценки. Первая осуществляется при подстройке существующих участков. Вторая – при их виртуальной перестройке с формированием кластеров, расчетом потенции их образования, её увеличения и др.

ВЫВОДЫ

1. Анализ использования Кзо для повышения эффективности организации производства участков и цехов предприятий серийного машино- и приборостроения выявил, что её развитие связано с решением комплекса теоретических, методических и практических вопросов, рассмотренных частично в статье и снабженных для полноты соответствующими ссылками.

2. Представленная концепция адаптивной организации производства и её активного развития базируется на переводе Кзо из показателя, отражающего состояние

ОП в разряд управляющего их изменением, что неизмеримо значимее.

3. Разработка расчетных моделей и их апробация подтвердили наличие потенциала трансформации системообразующего показателя совершенствования организации производства Кзо в Кзо*, Кзо**, Кзо***.

4. Креативное использование моделей способствует лучшему пониманию трансформации Кзо. Переход от локальной оптимизации к системной, учет эмерджентности, кластеров подстройки и перестройки, парности, алгоритма обоснования и обеспечения параметров активной адаптации, использования модели НИУ и др., раскрывают новые возможности развития организации производства при цифровой экономике и повышения её рентабельности.

5. Применение Кзо в промышленности развитых стран направлено на рост эффективности их производства.

Благодарность проф. Димитрову В.И., проф. Колесову А.Н. и докт. Бахмутскому А. за обсуждение материала.

Библиографический список

1. Туровец О. Г., Родионова В. Н., Каблашова И. В. Обеспечение качества организации производственных процессов в условиях управления цифровым производством // Организатор производства. – 2018. – Т. 26. – №. 4. – С. 65-76.
2. Сатановский Р.Л. Методы снижения производственных потерь. М. Экономика. 1988. 302 с.
3. John E. Using the weighted similar coefficient (WSC) technique in design of manufacturing faeilities. Emerald Group Publishing. 2011. Т.7
4. Татевосов К. Г. Основы оперативно-производственного планирования на машиностроительном предприятии: Учеб. пособие для инженерно-экономических специальностей вузов. – Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985.

5. Сатановский Р.Л. Опыт совершенствования оперативного планирования в серийном приборостроении. ЛДНТП. 1967. 31 с.
6. Сатановский Р.Л. Организация и планирование внутризаводской специализации. М-Л. Машиностроение, 1974. 177.с.
7. Сатановский Р.Л. Адаптация производства и продукции в машиностроении. М-Л. Машиностроение, 1981. 167 с.
8. ГОСТ. 14.004 – 74 ЕСТПП. Терминология. Основные положения. Терминология и определение основных понятий.
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ЕСТПП Выбор оптимальной величины коэффициента закрепления операций Кз для предприятий (цехов и участков предприятий) машино- и приборостроения. РД 50-174-80. М. Издательство стандартов. 1980. 23 с.
10. Сатановский Р. Л., Элент Д. Модели адаптивного развития организации серийного производства //Организатор производства. – 2018. – Т. 26. – №. 4. – С. 19-29.
11. Сатановский Р. Модели использования эффекта опережающего развития организации серийного производства участков и цехов //Вестник Дома Ученых Хайфы, 2020. Т. 46. С. 86-93.
12. Колосов А.Н. Адаптивная организация деятельности предприятий. Луганск, ВНУ им. Даля, 2008. 440 с.
13. Сатановский Р. Модели согласования эффекта парности подразделений в виртуальных кластерах организации с действующими в серийном производстве // Вестник Дома Ученых Хайфы, 2020. Т. 44. С. 80-90.
14. Сатановский Р. Л., Элент Д. Эффективное использование резервов опережающего развития организации производства при цифровизации //Организатор производства. – 2021. – Т. 29. – №. 1. – С. 30-43.
15. Бахмутский А. Парность – слово, парность – термин // Вестник Дома Ученых Хайфы. 2013. Т. 31. С. 21-26.
16. Амелин С. В. Организация производства в машиностроении в условиях цифровой трансформации //Организатор производства. – 2020. – Т. 28. – №. 1. – С. 17-23.
17. Hill C. W. L., Jones G. R., Schilling M. A. Strategic management: theory: an integrated approach. – Cengage Learning, 2014.
18. Сатановский Р. Модель программы для управления эффективностью производства и снижения уровня напряженности// Вестник Дома Ученых Хайфы, 2020. Т.43. С. 82-91.
19. Сатановский Р. Л., Элент Д. Обоснование и обеспечение параметров инновационных проектов развития организации производства участков и цехов //Организатор производства. – 2021. – Т. 29. – №. 3. – С. 7-19.
20. Неймарк Ю.И. Метод точечных отображений в теории нелинейных колебаний. М.: Либроком, 2010. 472 с.
21. Сатановский Р. Модели организации эффективного производства. Затраты, потери, риски // Вестник Дома Ученых Хайфы, 2016. Т.36. С. 69-76.
22. Top Cloud ERP System. 2021
23. Казьмина И. В., Щеголева Т. В., Попова И. В. Содержательные аспекты адаптивного развития системы управления высокотехнологичными предприятиями в условиях цифровой среды //Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2021. – Т. 83. – №. 2 (88). – С. 312-319.
24. Сатановский Р.Л., Элент Д. Использование кластеров нормативно-индикативного управления эффективной организацией производства машин и приборов // Организатор производства. 2022. Т.30, № 2. С. 9-19.
25. Родионова В.Н., Каблашова И.В., Логунова И.В., Кривякин К.С. К исследованию направлений повышения эффективности организации производства на

Поступила в редакцию – 20 декабря 2022 г.

Принята в печать – 12 февраля 2023 г.

Bibliography

1. Turovec O. G., Rodionova V. N., Kablashova I. V. Obespechenie kachestva organizacii proizvodstvennyh processov v usloviyah upravleniya cifrovym proizvodstvom // Organizator proizvodstva. – 2018. – Т. 26. – №. 4. – С. 65-76.
2. Satanovskij R.L. Metody snizheniya proizvodstvennyh poter'. М. Ekonomika. 1988. 302 s.
3. John E. Using the weighted similar coefficient (WSC) technique in design of manufacturing faeilities. Emerald Group Publishing. 2011. Т.7
4. Tatevosov K. G. Osnovy operativno-proizvodstvennogo planirovaniya na mashinostroitel'nom predpriyatii: Ucheb. posobie dlya inzhenerno-ekonomicheskikh special'nostej vuzov. – Mashinostroenie, Leningr. otd.-nie, 1985.
5. Satanovskij R.L. Opyt sovershenstvovaniya operativnogo planirovaniya v serijnom priborostroenii. LDNTP. 1967. 31 s.
6. Satanovskij R.L. Organizaciya i planirovanie vnutrizavodskoj specializacii. М-L. Mashinostroenie, 1974. 177.s.
7. Satanovskij R.L. Adaptaciya proizvodstva i produkcii v mashinostroenii. М-L. Mashinostroenie, 1981. 167 s.
8. GOST. 14.004 – 74 ESTPP. Terminologiya. Osnovnye polozheniya. Terminologiya i opredelenie osnovnyh ponyatij.
9. METODICHESKIE UKAZANIYA ESTPP Vybor optimal'noj velichiny koefficienta zakrepleniya operacij Kzo dlya predpriyatij (cekhov i uchastkov predpriyatij) mashino- i priborostroeniya. RD 50-174-80. М. Izdatel'stvo standartov. 1980. 23 s.
10. Satanovskij R. L., Elent D. Modeli adaptivnogo razvitiya organizacii serijnogo proizvodstva // Organizator proizvodstva. – 2018. – Т. 26. – №. 4. – С. 19-29.
11. Satanovskij R. Modeli ispol'zovaniya effekta operezhayushchego razvitiya organizacii serijnogo proizvodstva uchastkov i cekhov // Vestnik Doma Uchenyh Hajfy, 2020. Т. 46. S. 86-93.
12. Kolosov A.N. Adaptivnaya organizaciya deyatel'nosti predpriyatij. Lugansk, VNU im. Dal'ya, 2008. 440 s.
13. Satanovskij R. Modeli soglasovaniya effekta parnosti podrazdelenij v virtual'nyh klasterah organizacii s dejstvuyushchimi v serijnom proizvodstve // Vestnik Doma Uchenyh Hajfy, 2020. Т. 44. S. 80-90.
14. Satanovskij R. L., Elent D. Effektivnoe ispol'zovanie rezervov operezhayushchego razvitiya organizacii proizvodstva pri cifrovizacii // Organizator proizvodstva. – 2021. – Т. 29. – №. 1. – С. 30-43.
15. Bahmutskij A. Parnost' – slovo, parnost' – termin // Vestnik Doma Uchenyh Hajfy. 2013. Т. 31. S. 21-26.
16. Amelin S. V. Organizaciya proizvodstva v mashinostroenii v usloviyah cifrovoj transformacii // Organizator proizvodstva. – 2020. – Т. 28. – №. 1. – С. 17-23.
17. Hill C. W. L., Jones G. R., Schilling M. A. Strategic management: theory: an integrated approach. – Cengage Learning, 2014.
18. Satanovskij R. Model' programmy dlya upravleniya effektivnost'yu proizvodstva i snizheniya urovnya napryazhennosti // Vestnik Doma Uchenyh Hajfy, 2020. Т.43. S. 82-91.

19. Satanovskij R. L., Elent D. Obosnovanie i obespechenie parametrov innovacionnyh proektov razvitiya organizacii proizvodstva uchastkov i cekhov //Organizator proizvodstva. – 2021. – Т. 29. – №. 3. – S. 7-19.
20. Nejmark YU.I. Metod tochechnyh otobrazhenij v teorii nelinejnyh kolebanij. M.: Librokom, 2010. 472 s.
- 21.Satanovskij R. Modeli organizacii effektivnogo proizvodstva. Zatraty, poteri, riski // Vestnik Doma Uchenyh Hajfy, 2016. T.36. S. 69-76.
- 22.Top Cloud ERP System. 2021
23. Kaz'mina I. V., SHCHegoleva T. V., Popova I. V. Soderzhatel'nye aspekty adaptivnogo razvitiya sistemy upravleniya vysokotekhnologichnymi predpriyatijami v usloviyah cifrovoj sredy //Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tekhnologij. – 2021. – Т. 83. – №. 2 (88). – S. 312-319.
- 24.Satanovskij R.L., Elent D. Ispol'zovanie klasterov normativno-indikativnogo upravleniya effektivnoj organizaciej proizvodstva mashin i priborov // Organizator proizvodstva. 2022. Т.30, № 2. S. 9-19.
25. Rodionova V.N., Kablashova I.V., Logunova I.V., Krivyakin K.S. K issledovaniyu napravlenij povysheniya effektivnosti organizacii proizvodstva na predpriyatijah // Organizator proizvodstva, 2022. № 1. S. 36-51.

Received for publication - December 20, 2022.

Accepted for publication - February 12, 2023.