

ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

DOI: 10.25987/VSTU.2019.75.10.001

УДК 338. 585

ПОЛУЧЕНИЕ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В ОРГАНИЗАЦИИ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Р.Л. Сатановский, Д. Элент

Nuspark Inc.

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

Введение. Развитие цифровой экономики обуславливает необходимость совершенствования механизма повышения эффективности работы. Реализация данного направления непосредственно связана с моделированием параметров синергетического эффекта и созданием модельного прототипа развития организации производства цехов и участков (напряжёмера) при изменении показателей внешней и внутренней среды. Напряжёммер призван обеспечить комплексное решение задач совершенствования производства и повышения уровня согласованности принимаемых решений.

Данные и методы. Центральной является модель взаимодействия ресурсов подразделений, которая нацелена на получение эффекта эмерджентности при достижении компромисса, частичного и полного консенсуса. Продвижение от компромисса к консенсусу связано с моделированием эффективности вариантов организации производства, её адаптивного развития, ростом согласованности принимаемых решений и снижением уровня напряжённости взаимодействующих сторон.

Полученные результаты. Рассмотрена система моделей виртуального устройства для выбора наиболее эффективных вариантов организации серийного производства машин и приборов. Предложены оценки уровней согласованности и напряженности, обеспечивающие переход к количественной оценке качества организации, в наибольшей мере соответствующей условиям цифрового производства. Представлены экономико-математические модели, большей частью прошедшие апробацию в серийном приборостроении, т. е. проверку на практике в реальных условиях теоретически построенных методов. Их совокупность включает в себя решение задач обоснования показателей эффективного развития и их обеспечения (достижения, поддержания и корректировки при изменении параметров среды).

Заключение. Модель виртуального устройства органично вписывается в парадигму информационного пространства цифрового развития современных предприятий. Напряжёммер становится механизмом эффективного управления развитием организации производства.

Ключевые слова: синергетика, организация, производство, участки, согласование, напряжённость, получение, напряжёммер, моделирование, взаимодействие, эффективность и эмерджентность

Для цитирования:

Сатановский Р.Л., Элент Д. Получение синергетического эффекта в организации серийного производства // Организатор производства. 2019. Т.27. №3. С. 7-21 DOI: 10.25987/VSTU.2019.75.10.001

Сведения об авторах:

Рудольф Львович Сатановский (д-р экон. наук, профессор, rudstanov@yahoo.com), консультант отдела маркетинга.

Дан Элент (delent@nuspark.com), руководитель отдела маркетинга.

On authors:

Rudolf L. Stanovski (Dr. Sci. (Economy), Professor, rudstanov@yahoo.com), consultant department of marketing.

Dan Elent (delent@nuspark.com), direct department of marketing.

GETTING A SYNERGISTIC EFFECT IN THE ORGANIZATION OF SERIAL PRODUCTION

R.L. Satanovsky, D. Yelent

Nuspark Inc.

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

Introduction. *The development of the digital economy necessitates the improvement of the mechanism of increasing the work efficiency. The implementation of this area is directly related to modeling the parameters of the synergistic effect and creating the prototype model for the development of production organization in shops and work areas (i.e., a strain meter), under changes in the parameters of external and internal environment. A strain meter is intended to provide comprehensive solution of tasks to improve production and raise the consistency of decision-making.*

Data and methods. *The core model is the one, involving the interaction between the resources of units, which aims at getting the effect of emergence when reaching compromise, partial and full consensus. The progress from compromise to consensus is connected with modeling the efficiency of production organization types, its adaptive development, the growth of coordination in decision-making and the declining level of tension between the interacting parties.*

Results obtained. *We have considered the system of models of a virtual device to select the most effective options for the organization of serial production of machines and devices. The evaluations were proposed to assess the levels of coordination and tension, enabling the transition to a quantitative assessment of the organization's quality, most fully complying with the conditions of digital production. The economic-mathematical models have been presented, mostly tested in serial machine construction, i.e. having undergone practical testing in real conditions of theoretically devised methods. Their combination includes the solution of tasks to substantiate the parameters of effective development and their support (i.e. achievement, maintenance and adjustment under variation of environment parameters).*

Conclusion. *The model of a virtual device finely fits within the paradigm of the information space of digital development of modern enterprises. The strain meter is becoming the mechanism of effective control of production organization development.*

Key words: *synergy, organization, production, work areas, coordination, tension, getting, strain meter, modeling, interaction, efficiency, emergence.*

For quoting:

Satanovsky R.L., Yelent D. Getting synergy in the organization of serial production // *Organizator Proizvodstva*. 2019. V.27. №3. 7-21 **DOI:** 10.25987/VSTU.2019.75.10.001

Введение

Все ускоряющийся динамизм развития во всех сферах объективно обуславливает необходимость усиления взаимодействия различных элементов и систем для повышения эффективности работы. Оно может осуществляться как без привлечения внешних ресурсов (инвестиций), так и с ними. Остановимся подробнее на решении задач первой группы – повышении результатов на основе мобилизации собственных ресурсов.

Необходимость мобилизации возникает при изменении параметров внешней и внутренней среды. При наличии возможности создания

оптимального решения собственными усилиями, привлечение внутренних ресурсов взаимодействующих элементов и систем не нужно. Отсутствие такой возможности требует соединения (объединения) ресурсов для достижения лучшего результата на основе методов синергетики. Синергетический эффект – это возрастание эффективности в результате взаимодействия отдельных частей, их дальнейшей интеграции и слияния в единую систему в условиях эмерджентности, которая является одним из ключевых понятий теории и практики организации и управления социально-экономическими,

общественными, производственными и другими сложными системами.

В работе [1] рассмотрен рост уровня профессиональной квалификации руководителей, прошедших обучение на тренажерах с моделированием вариантов эффективного развития организации производства при изменении параметров среды. Обобщение результатов выявило, что для повышения согласия и снижения уровня напряженности между специалистами – организаторами производства, ответственными за принятие обоснованных решений, необходима модель соответствующего виртуального устройства. В работе [2, с.70] авторами сформулирован вывод о том, что основой организации цифрового производства является интеграция процессов, протекающих в реальном производстве, и процессов, смоделированных в информационном пространстве. Методические разработки и результаты исследований, представленные в [1,3] и ниже, подтверждают значимость вывода и возможности расширения сферы его практического использования. В статье рассмотрены узловые вопросы создания и внедрения модельного прототипа (цифрового двойника) эффективного развития организации производства в виртуальной среде, которое обеспечивает проведение модельных экспериментов, включающих совершенствование специализации, гибкости, адаптивности и других направлений организации работы. С его помощью обосновывают варианты, минимизирующие последствия потенциальных ошибок в получении нужных результатов развития.

Устройство становится не только индикатором состояния логистической деятельности, но и механизмом современного управления развитием элементов системы организации производства для достижения синергетического эффекта. Ожидаемая полезность данного устройства состоит в том, что оно обеспечивает переход от качественного описания результата типа «хуже – лучше» в традиционном подходе, к оценке количественно определенного качества, присутствующего парадигме современной цифровой экономики.

Рассмотрение варианта организации производства на $(k + 1)$ шаге относительно (k) -го связано с выбором ключевого показателя развития, обоснованием его оптимального значения и возможности модельной формализации комплек-

са расчетов. Метод может быть реализован при взаимодействии ресурсов на базе:

- 1) существующей структуры (k) -го шага;
- 2) адаптивного их изменения на $(k + 1)$ -ом с учетом новых параметров среды;
- 3) эмерджентного управления.

Итог взаимодействия может быть как положительным, так и отрицательным. Синергетизм – это когда результат воздействия суммы составных частей больше, чем просто сумма их эффектов. Эмерджентность в таком контексте оценивается только положительно. Достижение общих интересов, не аддитивное по отношению к отдельным, характеризует эффект эмерджентности. Оптимальные решения $(k + 1)$ шага при сохранении структуры ресурсов (k) -го обуславливают минимальный результат. Учет адаптивных изменений структуры ресурсов ориентирован на его улучшение.

Дальнейшее развитие связано с моделированием эмерджентности систем. Применение рассматриваемых в статье моделей развития организации производства становится необходимой предпосылкой принятия оптимальных решений в цифровой экономике предприятий, охватывающей все то, что поддается целенаправленной формализации для снижения затрат при использовании информационных технологий.

Динамика параметров внешней и внутренней среды приводит к возникновению различных задач развития организации производства и необходимости их реализации. Для системного решения, которое обуславливает их взаимодействие и получение синергетического эффекта, требуется соответствующий ключевой показатель. В рассматриваемом контексте, его использование необходимо при моделировании и выборе эффективных вариантов:

- 1) специализации рабочих мест;
- 2) технологической / блочно-модульной организации подразделений;
- 3) адаптации производства и продукции;
- 4) оптимальных нормативов организации;
- 5) вариантов стратегической, тактической и оперативной гибкости
- 6) концентрации продукции и предметов труда;
- 7) границ допусков;
- 8) интенсивного и экстенсивного расходования средств в переходном периоде;

9) непрерывности мониторинга и дискретности производства;

10) уровней согласованности / напряженности и др.

Моделирование по каждой из задач и их группы имеет теоретическое и практическое значение только тогда, когда решаются задачи обеспечения планируемых показателей, т.е. их достижения, поддержания и корректировки в условиях динамики параметров внешней и внутренней среды.

Согласие и несогласие специалистов на предприятиях имеют место в диапазоне от частных задач, отмеченных выше, до масштабных конфликтов. Их решение следует проводить не столько отдельно по каждой проблеме, сколько комплексно. Нужно устройство, которое позволяет организаторам производства перейти от отдельных задач снижения напряженности к их системному решению и получению синергетического эффекта.

Разность температур показывает термометр, для расчета пути на карте применяют корвиметр, для определения расстояния - шагомер и т.д. Для оценки удаленности позиций сторон (расстояний между ними) и их сближения, предлагается использовать напряжёметр (напряжёметр) определенного назначения и вида. Как индикатор согласованности / напряженности и инструмент управления их изменением во взаимодействии систем (людей, подразделений, организаций), он должен характеризоваться:

- определенной конфигурацией в области его использования,
- системой экономико-математических моделей,
- шкалой оценки результатов,
- методикой повышения эффективности.

Узловые вопросы его разработки и использования рассматриваются в статье применительно к организации серийного производства машин и приборов, которое всё в большей мере ориентируется не на удовлетворение массовых потребностей, а на специализированные запросы потребителей, т.е. на небольшие по емкости рынки. Это ведет к образованию большого числа малых и средних предприятий, к усложнению всей системы связей, к высокой значимости гибкости и адаптивности организации производства к изменениям внешней и внутренней среды. На уровне цехов и участков резко возрастает

динамичность показателей программ выпуска и повышения качества, расширения номенклатуры продукции и роста её сложности. Происходит это при снижении экономических циклов жизни изделий и усложнении технологии изготовления, внедрении станков с ЧПУ и роботизированных комплексов, необходимости эффективного соответствия организации и управления современным условиям цифровой экономики.

Задачи

Рассмотрим подробнее условия, необходимые для получения синергетического эффекта в организации участков и цехов серийного производства машин и приборов. Прежде всего, они включают наличие:

- 1) ключевого показателя цели развития,
- 2) моделей его планирования и оптимизации по критерию минимума затрат,
- 3) методов обеспечения (достижения, поддержания, корректировки),
- 4) формализованного комплекса расчетов для решения прямой / обратной задач и др.

Важнейшим (определяющим) показателем организации, идентифицированным на уровне подразделений, непосредственно связанным с конструкцией, технологией, управлением, текущими затратами, стоимостью незавершенного производства, переходным периодом, потерями от рисков и др., является Кзо. Показатель Кзо - коэффициент закрепления операций характеризует в среднем по подразделению количество производственных работ на одном рабочем месте в течение фиксированного отрезка времени (месяц, 22 смены). Серийность оценивается диапазоном: $1 < K_{зо} \leq 10$ для крупносерийного производства, $10 < K_{зо} \leq 20$ для среднесерийного и $20 < K_{зо} \leq 40$ для мелкосерийного [3].

Наличие функциональной связи Кзо и параметров производства позволяет изменением его величин и затрат оценивать эффективность организационных решений. Многолетние исследования подтвердили результативность его применения в моделях управления развитием, что неизмеримо важнее простой регистрации существующего (фактического) состояния [1, 3].

Производственная работа включает одну или несколько технологических операций, выполняемых на рабочем месте с помощью одной установки (однократной затратой подготовительно - заключительного времени)

Современные рабочие места (станки, оборудование с ЧПУ, роботизированные комплексы и др.) включают совокупность и разные формы взаимодействия информационно технологических систем, обслуживающих операторов и предметов труда [4].

Комплексный подход к развитию обуславливает необходимость его рассмотрения в рамках общей концепции организации производства, включающей взаимоувязанные взгляды и логически вытекающие одно из другого решения, которые ассоциируются с созданием и применением системы расчетных моделей, необходимых пояснений по их использованию и конкретной последовательности действий по реализации.

Рассмотрим, как показатель K_{30} , характеризуя каждую из 10 задач организации производства, позволяет обоснованно снизить напряженность в отношениях сторон при моделировании более эффективных вариантов развития. 1. Известно высказывание, сделанное более 100 лет назад, что прибыль предпринимателя находится на кончике резца рабочего [5]. Сегодня под инструментом понимают значительно более широкий диапазон: от резца до ультразвука, лазера и др. К продолжительности, в течение которой инструмент находится в контакте с материалом и происходит непосредственная обработка последнего, добавляется время на переналадки, простои, ожидание обслуживания и др., связанные с размерами партий, периодичностью их запуска и частотой повторения.

Существует несколько методов расчета размеров партий предметов n . Наибольшее распространение получили два: обоснование n по проценту подготовительно-заключительного времени и по величине K_{30} .

Первый метод базируется на необходимости увеличения размеров партии каждого наименования до такой величины, при которой этот процент доводится до заранее заданного норматива. Предпочтительно метод используют для предварительного обоснования минимальных партий, когда затраты на переналадки достаточно велики (зуборезные станки, автоматы и др.).

При втором методе предварительный размер конкретной партии n равен

$$n = \Phi * P_0 / t * K_{30}, \quad (1)$$

где Φ – фонд времени рабочего места,

P_0 – число операций (переналадок),

t – трудоемкость производственной работы.

Обеспечение связано с корректировкой расчетных партий до практически приемлемых, обусловленных необходимостью согласования смежных стадий производства, учета габаритных характеристик, возможностей транспортных средств и др. Некоторые модели корректировки рассмотрены в [3, 4].

2. В производстве машин и приборов различают два граничных вида организации: технологическую (по видам обработки, сборки) и блочно-модульную по предметам (деталю, узлам, изделиям) Первая – специализация по видам работ характеризуется, прежде всего, высоким уровнем кооперации, длительным циклом изготовления, сложным управлением и др. Блочная (предметная) устраняет недостатки технологической, но ведёт к наличию недостаточно загруженного оборудования, соответственно большей потребности в площадях и др.

В подразделениях необходим поиск согласованных и эффективных решений в диапазоне от универсальных станков до комплексов с ЧПУ. Динамика параметров конструктивно-технологической общности, обеспечивающей предметную замкнутость подразделений, обуславливает изменение параметров моделей организации и расчета показателя K_{30} [3,4].

При изменении параметров среды возникают трудности выполнения плана. Их преодоление осуществляется за счет корректировки величины K_{30} , взаимной адаптации производства и продукции. Цифровизация способствует тому, что производство обязано приспосабливаться к изменению продукции, а последняя – по возможности, учитывать состояние и перспективы изменения составляющих производства, включая организацию, предметы труда, оборудование, кадры, информационное обеспечение и др. Внедрение оборудования с ЧПУ, обрабатывающих центров и роботизированных комплексов изменяет темпы и пропорции взаимной адаптации подсистем. Расширяется их адаптивность, то есть разнообразие условий, к которым могут приспособиться подсистемы за счет своих внутренних ресурсов (без внешних инвестиций). Ряд моделей обоснования и обеспечения адаптивности с учетом K_{30} представлены в [1, 4].

4. Нормативы организации производства – это параметры, обеспечивающие работу с установленными нормами затрат. Фактическим нормативам соответствуют существующие нормы затрат производства, плановым – плановые, а оптимальным – минимальные. Условия цифровой экономики ориентируют на работу с оптимальными нормативами, включающими:

- частоту переналадок рабочих мест (Кзо);
- размеры партий n ;
- периодичности повторения;
- системы обслуживания;
- уровень предметной замкнутости подразделений;
- длительность производственного цикла и др.

Обеспечение кондиционного состояния данных нормативов и обоснование усилий их достижения, поддержанию и корректировке при изменении параметров плана, является одной из важнейших задач. Функционирование системы в границах рассчитанного режима требует также затрат, связанных с резервированием ресурсов, обеспечивающих колебание планируемых рисков и ключевых показателей как в границах допуска, так и за его пределами. Соответствующие модели представлены в [1, 3].

5. В работе [4] отмечается, что организационная гибкость как фактор инновации является важным ресурсом повышения эффективности работы. Вариант организации производства, как любой инновационный проект, характеризуется экономическим циклом жизни, который включает периоды становления, роста, стабилизации и изменения. Их продолжительности во многом зависят от согласованности стратегической, тактической и оперативной гибкости.

Стратегическая гибкость определяется степенью однородности продукции и числом позиций номенклатуры конкретного подразделения на длительном отрезке времени.

Тактическая гибкость серийного производства обусловлена закрепленной номенклатурой, которую можно изготавливать с разной партионностью, периодичностью и величиной Кзо.

Оперативная гибкость определяется выбором последовательности чередования конкретных партий на протяжении планово-учетного периода, исходя из условий достижения наиболее эффективной (лучше оптимальной) тактической гибкости для всей номенклатуры [4].

Обеспечение связано с результатами моделирования важнейших этапов планирования работы участков, которые непосредственно соотносятся с направлениями организационной гибкости. Это:

1) построение календарно-объемного плана выполнения задания с оценкой производственных затрат и Кзо;

2) распределение календарного плана по рабочим местам с учетом нормативов эффективной организации производства;

3) регулирование плана, ориентированное на стабилизацию Кзо за счет минимизации отклонений от установленных сроков, соблюдения рассчитанных нормативов, сокращения дробления партий и др.

Некоторые модели оценки и согласования результатов отклонений от оптимальной гибкости, рассмотрены в [4, 7]

6. Возникновение задачи согласованной концентрации продукции подразделений и предметов труда на рабочих местах обусловлено тем, что:

– первая характеризуется уровнем её конструктивно технологической однородности и числом позиций номенклатуры, закрепленной за подразделением;

– вторая – совокупностью обрабатываемых поверхностей и размерами партий, использованием индивидуальных и групповых технологических процессов и др., связанных с Кзо.

Модели обеспечения согласования двух направлений концентрации для нахождения совокупного оптимума относительно локальных и оценки вклада конкретного звена производства в эффективность работы предприятия с учетом Кзо, представлены в [3, 4].

7. Конструирование изделий без системы допусков и посадок, невозможно. Без обоснования границ допусков в моделях организации производства, оптимизация утрачивает свое практическое значение, так как работать в точке оптимума нельзя. Нужен обоснованный допуск, разрешающий колебание Кзо опт и минимальных производственных затрат. В современных условиях границы допусков необходимы также для определения:

- достоверности экономических показателей (точности, надежности, чувствительности и устойчивости),

- потерь от рисков за пределами границ,
- выделения области компромисса, частично и полного консенсуса,
- корректировки организационных условий производства и др.

Модели обоснования допуска и его обеспечения рассмотрены в [3, 7].

8. Переход от одного варианта организации к другому, более эффективному при изменении параметров внешней и внутренней среды, обусловлен дополнительными затратами ресурсов и времени переходного периода. Имеет место интенсивное и экстенсивное расходование средств, связанное с необходимостью перехода к измененным размерам партий и Кзо, использованием внутренних возможностей, резервированием мощностей и др. Модели переходного периода и обеспечения показателей незавершенного производства даны в [3, 7].

9. Непрерывность мониторинга показателей организации тесно связана с дискретностью процессов производства. С ростом Кзо, снижением размеров партий n , их дроблением и др. увеличивается число переналадок и прерывность хода производства. Парадигма цифровой экономики ориентирована на снижение дискретности в мониторинге показателей, что не всегда совпадает с изменением прерывности производства. Некоторые аспекты этой проблемы рассмотрены ниже.

10. Рост уровня согласия обуславливает снижение уровня напряженности. Более высокий уровень организации производства связан с меньшими затратами. Как подтверждают результаты моделирования, Кзо опт последующего ($k + 1$) шага может находиться как слева, так и справа от величины Кзо предшествующего (k). Поэтому учет показателей серийности и их отклонений, оцениваемых по Кзо, следует рассчитывать по абсолютной величине, а уровни согласия – напряженности только по отклонениям в затратах.

Каждому из уровней соответствует свой вектор затрат и Кзо. Следует установить оптимальное соотношение между ними, которое позволяет из множества решений выбрать наилучшее. Подробнее в конце статьи.

Взаимодействие

Выше показано, как отдельные задачи организации производства подразделений непосредственно связаны с затратами и показа-

телем Кзо. Учитывая доказанную в [3] разнонаправленность затрат при изменении Кзо, становится возможным поиск оптимума Кзо по критерию минимума производственных затрат. Использование напряжёмера для моделирования эффекта эмерджентности обеспечивает переход от частных результатов роста согласия и снижения напряженности проблемных решений к системному.

Условия цифровой экономики предприятий открывают новые возможности не только дифференциации необходимой информации, но и использования интеграционного подхода. Это обусловлено тем, что в подразделении (участок, цех) нарастает сложность взаимосвязей, взаимодействия и взаимозависимости задач получения синергетического эффекта. Для их системного анализа нужны не только групповые (по отдельным задачам), но и общие средние. Такая системная оценка – вполне реальная средняя, которая характеризует систему как целое. Она как обобщенная статистическая оценка отличается от групповой средней.

Размер системной средней зависит не только от групповых, но и от роли каждой группы в системе. С этих позиций определять Кзо по подразделению в целом как среднеарифметическую величину из проблемных ситуаций будет неверно, т.к. роль каждой из них в системе и её производственных затратах, различна.

С позиции интеграции информации необходимым становится переход к Кзо как средневзвешенной по участку с учетом величин:

$\sum \Pi_o$ – суммарного количества операций (переналадок) в подразделении за рассматриваемый период,

$\sum \Pi_{рj}$ – действующего числа рабочих мест,

$\sum N$ – производственной программы по всем наименованиям,

T – средней трудоемкости одного наименования,

Φ – фонда времени рабочего места.

В общем случае величина Кзо определяется выражением

$$Kzo = \sum \Pi_o / \sum \Pi_{рj} = \sum \Pi_o * \Phi / \sum N * T \quad (2)$$

Вместо частной по каждой задаче оценке и обоснования оптимального для неё Кзо, модели напряжёмера позволяют получать в целом по участку локальные оценки Кзо, проводить расче-

ты оптимальных K_{30} в широком диапазоне разрешения напряженных (конфликтных) ситуаций, осуществлять их мониторинг и диагностику.

В процессе динамического и во многом противоречивого развития постоянно возникают напряженность, недопонимание и конфликты организаторов производства, разрешению которых способствует моделирование наиболее эффективного компромисса, частичного и полного консенсуса. Противоречия между ними находятся в диапазоне от несогласия (недовольства, возмущения) до противостояния (кризиса).

Существует множество определений напряженности. Например, считают, что напряженность характеризует разрыв между ожидаемым и реальным удовлетворением потребностей [8], которые сопровождают проблемные ситуации и конфликты. Важнейшая задача управления согласием/напряженностью состоит в достижении и удержании их параметров в установленных границах. Для этого эффективное управление должно базироваться на совокупности расчетных моделей, включающих обоснование планируемых показателей, их достижение, поддержание и корректировку. Как отмечалось, решение проблемы роста эффективности вне этого комплекса не имеет большого значения ни для теории, ни для практики организации производства.

Достаточно общепризнанным является определение компромисса в этике и праве как разрешение некоторой ситуации путем взаимных уступок ради достижения поставленной цели. При отсутствии принципиальных возражений и наличии возможности преодоления серьезных разногласий, частичный консенсус определяется результатами взаимного согласия сторон. Полный консенсус – это приход к общему согласию на основе оптимальных решений, устраивающих все стороны.

Подставив на $(k + 1)$ шаге значения K_{30} из формулы (2) в (1) получают планируемые размеры партий и другие параметры нормативов организации производства. Их величины отражают уровень согласия / напряженности как итог системного взаимодействия проблемных ситуаций. Для участков в целом необходимо оценить результат, обосновать его оптимальную величину, обеспечить её соблюдение и пересмотр. Для этого нужен механизм, модели которого позволяют решать поставленные задачи.

Парадигма цифровой экономики в организации производства объективно обуславливает разработку и использование устройства напряжёмера, которое позволяет анализировать трудности и их преодоление, обуславливая переход к системе оптимальных нормативов, их обеспечению и получению синергетического эффекта.

Модели

В контексте сказанного выше целесообразно выделить следующие блоки, в которых моделируются:

- 1) трудности подстройки [1];
- 2) производственные затраты и частоту переналадок [7];
- 3) границы допусков [3];
- 4) эффект эмерджентности [1];
- 5) нормативы организации [3];
- 6) финансовые потери от риска [7];
- 7) переходный период [3];
- 8) затраты по поддержанию организационных условий [7];
- 9) суммарные расходы [7];
- 10) ценки уровней согласия / несогласия [1] и др.

Расчеты по моделям блоков в указанной последовательности обеспечивают, в конечном счете, обоснованный выбор наиболее эффективного способа снижения уровня конфликта, который опосредует разрешение проблемных ситуаций. В ссылках публикаций рассмотрены модели, большей частью прошедшие апробацию в серийном приборостроении, т.е. проверку на практике в реальных условиях теоретически построенных методов.

Центральным является блок расчета эффекта эмерджентности. Входом для него служат результаты моделирования предшествующих блоков. Поступающая на его выход информация используется в последующих расчетах напряжёмера. Как отмечалось, эмерджентность является одним из ключевых понятий теории и практики организации и управления сложными системами. Эмерджентность свидетельствует о наличии у системы целостности – эмерджентных свойств, т.е. таких, которые не присущи составляющим её частям. При их взаимодействии они претерпевают качественные изменения, так что некоторая часть целостной системы становится не тождественна аналогичной, взятой изолированно [9].

Суть такого подхода иллюстрирует рис 1.

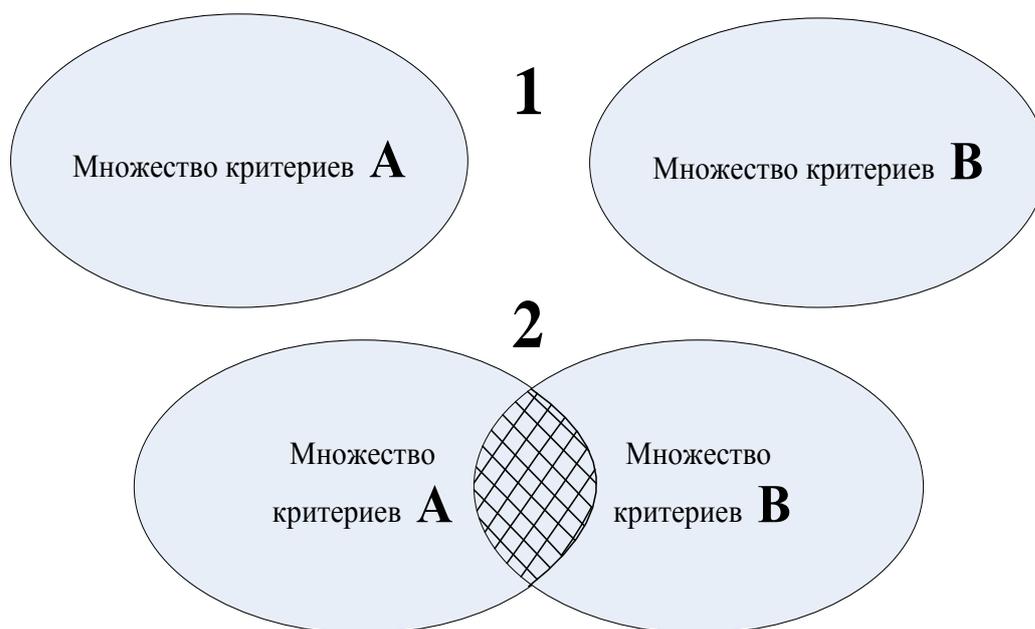


Рис. 1. Возникновение эмерджентности как нового качества системы.

- 1 - Критерии не перекрываются, модель неэмерджентна,
- 2 - Критерии перекрываются, модель эмерджентна.

Fig.1. Beginning of emergence as a new quality of the system

Показатели критериев, например А и В, однозначно и достоверно отражают соответствующие цели. Взаимное перекрывание критериев различных целей как раз и приводит к возникновению эффекта эмерджентности.

В общем случае итог взаимодействия может быть как положительным, так и отрицательным. Напряжённость позволяет определить каждый из них. Рис.1 и рис. 2 отражают взаимодействие

систем для получения положительного результата, т.е. эффекта эмерджентности. Парадигма цифровой экономики обуславливает необходимость перехода организации производства на более высокий уровень качества, в том числе связанного с моделированием вариантов оптимального разрешения возникающего напряжения (несогласия) в отношениях сторон.

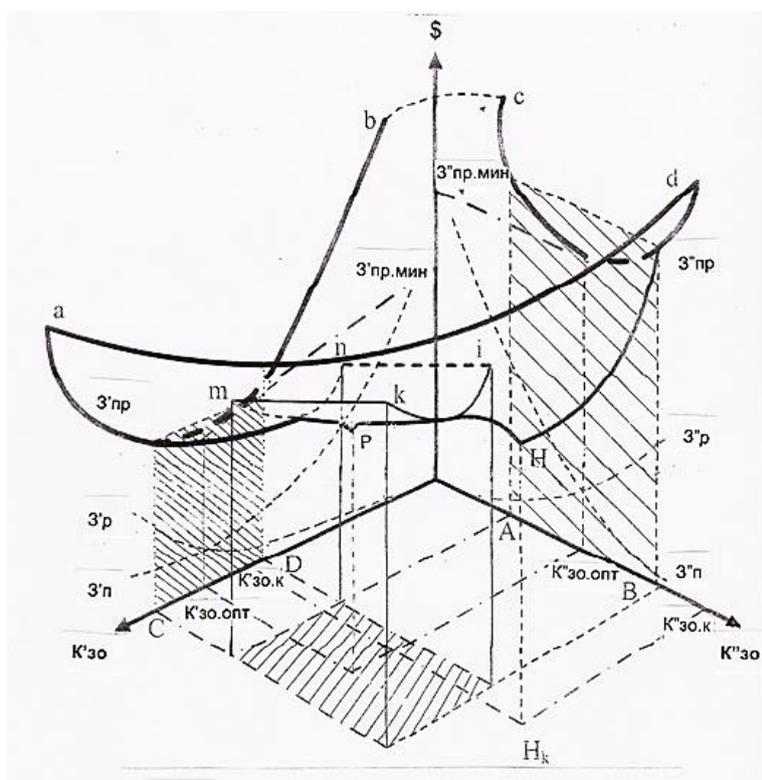


Рис. 2. Схема расчета эффекта взаимодействия
Fig. 2. Scheme for calculating the interaction effect

Остановимся подробнее на примере модели, представленной в [3, 7] и отражающей на вертикальных плоскостях рис. 2 схему расчета эффекта эмерджентности двух участков $K'zo$ и $K''zo$. С увеличением Kzo , т.е. снижением размеров партий n , растут затраты ($Зp$) на переналадки, простои, ожидание обслуживания и др. С другой стороны, снижается стоимость внутри и межучастковых запасов незавершенного производства ($Зп$). Следовательно, при однонаправленном изменении Kzo возникают разнонаправленные затраты. Это свидетельствует о возможности нахождения по критерию минимальных совокупных производственных затрат $Зпр.мин.$ оптимального для участка значения локального $Kzo.опт.$ как при сохранении на $(k + 1)$ шаге структуры ресурсов (k) –го, так и их адаптивном изменении.

Совместное рассмотрение двух ($K'zo$, $K''zo$) и более участков позволяет оценить дополнительный эффект, который возникает при их взаимодействии, например, за счет изменения уровня конструктивно-технологической общности продукции, предметной замкнутости подразделений, структуры оборудования и др.

[1]. Системный (глобальный) результат не находится на пересечении двух локальных оптимумов, которым соответствуют минимальные производственные затраты. Разница между суммой локальных минимальных затрат и меньшими глобальными определяет результат эмерджентности.

Изменение плана, конструкции, технологии, оборудования, системы обслуживания и прочих факторов, которые ведут к дисбалансу трудовых, материальных, организационных и других ресурсов, обуславливают появление трудностей выполнения программы. Их необходимо снизить за счет выбора варианта с меньшими суммарными расходами, включающими производственные затраты, финансовые потери от риска, затраты переходного периода и др. Узловые вопросы их обоснования во взаимосвязи с допуском на эффективность принимаемых решений и выбором наиболее результативного продвижения от уровня компромисса к частичному и полному консенсусу даны в [1].

Рассмотрим поиск системных решений, когда каждый участок учитывает кооперацию с ресурсами другого для достижения эффекта

эмерджентности. Необходимость использования такого подхода возникает, когда собственных ресурсов участка оказывается недостаточно для эффективного выполнения нового плана в условиях измененной структуры ресурсов, адаптированной к его реализации [1].

На схеме рис. 2 показано, что совместный итог по затратам от взаимодействия ресурсов в Р и Н, как правило, меньше суммы локальных минимумов участков ($Z'_{пр\ мин} + Z''_{пр.мин}$). Для достижения эмерджентных целей, возможны следующие решения напряжёмера.

Первое – компромисс. На $abcd$ -поверхности согласованного поиска эффективного решения по удовлетворению двух целей находится область затрат Р. Она располагается в $mnik$ -разрешенных границах допусков на $K'_{зо.опт}$ и $K''_{зо.опт}$. Кооперация усилий и ресурсов обеспечивает достижение в зоне Р поставленных целей – величины показателей $K'_{зо.опт}$ и $K''_{зо.опт}$ при снижении суммарных затрат ($Z'_{пр} + Z''_{пр}$). В итоге взаимодействия каждая из систем рассматривает планируемый результат компромисса как свой успех.

Второе – частичный консенсус. Он отражает не только достижение поставленной цели для одной из сторон, но и её улучшение для другой. Итог взаимодействия определяет область затрат Н за пределами границ одного из допусков. Суммарные затраты в Н меньше, чем в Р. Величина ($K'_{зо.к.}$) в поле допуска свидетельствует об успехе сближения позиций для данной системы. Показатель ($K''_{зо.к.}$) за пределами допуска подтверждает наличие лучшего результата – победы для системы $K''_{зо.}$.

Третье – полный консенсус. Это наиболее эффективное достижение установленных ранее целей для всех сторон. Суммарные затраты в области Н существенно меньше чем в Р и эффект взаимодействия намного больший. Величины ($K'_{зо.к.}$) и ($K''_{зо.к.}$) находятся вне конфигурации допусков А–В и С–D. Каждая из систем в рамках общего результата оценивает собственный как победу.

Моделирование вариантов согласия при экономически обоснованном продвижении от компромисса к частичному и далее полному консенсусу, применение методов квалиметрии и др. открывают дополнительные возможности роста эффективности при планировании организации производства нескольких систем.

Разработка и апробация рассмотренного метода позволяют решать не только прямую, но и обратную задачу по изменению параметров модели, т.е. условий достижения лучшего результата при большей сбалансированности самого процесса сближения позиций сторон.

Наличие станков с ЧПУ и роботизированных комплексов, оснащенных системами автоматической смены инструментов, учета их износа, контроля размеров и др., обуславливает соответствующую корректировку факторов–аргументов, используемых в модели [3], и необходимость учета $K_{зо}$ как важнейшего показателя организации производства подразделений.

Отметим, что представленные решения апробированы в условиях мобилизации внутренних ресурсов участков. Рассмотрение моделей с привлечением внешних инвесторов выходит за рамки статьи.

В общем случае применение напряжёмера для оценки результатов, включает следующую последовательность действий:

- 1) выбор целей и обоснование ключевых показателей;
- 2) локальная оптимизация показателей и расчет границ допусков;
- 3) определение условий достижения целей собственными силами;
- 4) системная оценка эффекта эмерджентности;
- 5) учет затрат на достижение, поддержание и корректировку вариантов при продвижении от компромисса к частичному и полному консенсусу;
- 6) оценка уровня согласия /несогласия сторон;
- 7) решение обратной задачи для дальнейшего снижения напряженности.

Модели обоснования потерь от риска, затрат и времени переходного периода, усилий по поддержанию заданных пропорций и суммарных расходов подробно изложены в [7].

С ростом $K_{зо}$, снижением размеров партий, их дроблением и др. увеличивается число переналадок и прерывность хода производства. Как отмечалось, парадигма цифровой экономики ориентирована на снижение дискретности в мониторинге показателей, что не всегда совпадает с изменением прерывности производства.

На уровне подразделения частота мониторинга должна соотноситься с ключевым

показателем организации производственного процесса K_{30} , который показывает частоту перестроек (переналадок).

Одной из важнейших характеристик мониторинга является дискрет, связанный с частотой (периодичностью) его проведения. Оснащение участков станками с ЧПУ, ОЦ и роботизированными комплексами при настройке инструмента вне рабочего места объективно ведет к снижению затрат подготовительно-заключительного времени, обоснованной целесообразности работы меньшими партиями, отказу от промежуточного складирования, существенному снижению объема незавершенного производства и др., что обуславливает рост $K_{30.опт}$ и снижение дискрета.

Сокращение дискрета способствует более раннему выявлению отклонений и снижению затрат на их устранение. Вместе с тем, это требует дополнительных расходов на получение, обработку и анализ информации. Становится возможным поиск оптимальной величины дискрета по критерию минимальных затрат, оценки их влияния на границы допуска K_{30} и др.

Таким образом, напряжёнмер позволяет специалистам – организаторам производства моделировать динамику эффективного снижения производственных затрат в диапазоне от использования существующей и адаптированной структуры ресурсов до планирования компромисса и консенсуса. По мере продвижения в этом направлении увеличивается значимость влияния таких факторов, как затраты на время переходного периода, потери от производственных рисков, поддержание стабильности обоснованных нормативов, резервирование ресурсов и др. Полученные результаты моделирования обеспечивают расчет уровня согласованности и напряженности сторон, определение затрат на каждый пункт снижения напряженности, оценку наиболее эффективных вариантов.

Оценки

Термометр позволяет оценить состояние в градусах, динамометр – в единицах веса, шагомер – длиной в метрах и др. напряжёнмером измеряют затраты и среднюю по подразделению частоту смены производственных работ за определенный отрезок времени.

В зависимости от динамики показателей трудностей и последующих шагов относительно

базового состояния изменяются величины факторов-аргументов расчетной модели. С их учетом определяют минимальные затраты и конкретные значения $K_{30.опт}$.

Различие между отмеченными выше реальными измерителями и виртуальным напряжёнмером заключается, прежде всего, в следующем.

Первые обеспечивают текущие (фактические) оценки состояний. Они сравниваются с эталонными или нормативными, относительно которых определяются уровни отклонений между показателями. Обоснование нормативных (оптимальных) значений показателей, оценки уровней и принятие решений по их изменению, как правило, разделены во времени и пространстве.

В виртуальном напряжёнмере обоснование наиболее эффективных значений показателей, относительно которых рассчитывают отклонения (уровни согласия и несогласия сторон) и принятие решений, соединены во времени и пространстве. При этом обеспечивается мониторинг показателей, особенно актуальный в условиях цифровой экономики.

Анализ моделей показывает, что достижение компромисса и консенсуса обусловлено сокращением затрат $Z'_{пр.мин}$ и $Z''_{пр.мин}$ во взаимосвязи с изменением ключевых показателей $K'_{30.опт}$ и $K''_{30.опт}$. Разрывы между базовыми (существующими, фактическими) состояниями и наиболее эффективными (оптимальными) вариантами при компромиссе и консенсусе становятся оценками планируемого изменения уровней согласия сторон, снижения их несогласия, динамики напряженности и др. показателей.

Для сравнения двух и более сторон при определении усилий в достижении, поддержании и корректировке показателей результаты по абсолютным величинам следует дополнить относительными оценками.

Расчетные формулы уровня согласия по ключевому показателю K_{30} и затратам $Z_{пр}$ определяются как $\Delta_{оц}$ и $\Delta_{оз}$

$$\Delta_{оц} = / K_{30} - K_{30.опт} / : K_{30.опт} \quad (3)$$

$$\Delta_{оз} = (Z_{пр} - Z_{пр мин}) : Z_{пр.мин} \quad (4)$$

где K_{30} и $Z_{пр}$ базовые оценки каждой из сторон.

Для повышения уровня согласия важен учет динамики параметров целей, которые необходимы для:

- оценки и обоснования перехода от одного уровня к другому;
- планирования вариантов достижения, поддержания и изменения;
- сближения позиций в рамках системы более высокого порядка и др.

В рассматриваемом контексте уровень несогласия по ключевым показателям $\Delta_{пц}$ и затратам $\Delta_{пз}$ будет равен:

$$\Delta_{пц} = (1 - \Delta_{оц}) \quad (5)$$

$$\Delta_{пз} = (1 - \Delta_{оз}) \quad (6)$$

Расчеты по формулам (3 – 6) позволяют с общих позиций сравнивать уровни, методами итерационного моделирования управлять их изменением, оценивать затраты на каждый пункт планируемой динамики показателей.

Более высокому уровню организации и согласия при продвижении от компромисса к консенсусу всегда соответствует вариант с меньшими производственными затратами. При этом $K_{30.опт}$ последующего $(k + 1)$ шага может находиться как слева так и справа от величины K_{30} предшествующего (k) –го, что отражено в числителе формулы (3). Только при ориентации организации производства на рост его серийности и увеличение размеров партий n , однозначно имеет место снижение K_{30} опт.

Анализ более 40 участков серийного приборостроения показал, что между $\Delta_{оц}$ и $\Delta_{оз}$ существует корреляция [1]. По её данным, например, при ориентации на рост серийности, соотношение уровней согласия на разных этапах, характеризуется для двух участков цеха следующими оценками (в %).

Компромисс	Част. консенсус	Полн. консенсус
------------	-----------------	-----------------

1 участок : $\Delta_{оз}= 30$ $\Delta_{оз}= 44$ $\Delta_{оз}= 55$

2 участок: $\Delta_{оз}= 35$ $\Delta_{оз}= 48$ $\Delta_{оз}= 57$

Приведенные данные отражают динамику согласия при достижении определенной предметной замкнутости участков. Вектор их изменения включает значительное число вариантов, из которых следует выбрать наилучший.

Ранее говорилось, что напряженность характеризует разрыв между ожидаемым и реальным удовлетворением потребностей, часть которых

составляют (УГП) – устойчивые во времени и пространстве групповые потребности [9]. Реализация таких УГП в серийном производстве непосредственно связана с вариантами предметной замкнутости участков, решением прямой и обратной задач их развития и др.

Уровень удовлетворения таких УГП можно оценить по шкале напряженности G , например, в диапазоне от 1 до 10. В данном контексте динамика $\Delta_{оц}$ и $\Delta_{пц}$ каждого участка рассматривается в ассоциации с напряженностью, не отождествляясь с ней полностью, так как последняя может включать и другие группы потребностей развития.

По мере снижения уровня напряженности растет $\Delta_{оц}$ и уменьшается $\Delta_{пц}$. С учетом представленных ранее расчетных моделей, каждую из них можно характеризовать соответствующими затратами. Наличие разнонаправленных затрат при однонаправленном изменении G говорит о возможности обоснования наиболее эффективного варианта организации в диапазоне от компромисса до полного консенсуса. Исследования в такой постановке вопроса открывают дополнительные возможности поиска промежуточных и окончательных результатов. Эффективность их реализации значительно возрастает при работе предприятий в условиях цифровой экономики, охватывающей, как отмечалось, все, поддающееся целенаправленной формализации [6, 11].

Цифровизация, учитывая нарастающую динамичность показателей внешней и внутренней среды, обеспечивает возможность мониторинга и моделирования уровней согласия с любой периодичностью. Соотнесение результатов, например, к месяцу, позволяет специалистам - организаторам производства с общих позиций оценивать изменение серийности, частоты переналадок, величин K_{30} , снижения затрат и др.

Заключение

Вопросам синергетики посвящено значительное число публикаций, в которых обоснование синергетического эффекта часто рассматривается на уровне дескриптивных моделей. Очевидно, что только использование расчетных моделей позволяет перейти от качественного описания процессов синергетики в терминах «лучше–хуже» к количественно определенному качеству в параметрах «больше–меньше».

Для определения уровней согласия и несогласия, оценки эффективности их изменений во взаимосвязи с затратами и др. нужны экономико-математические модели и апробированная последовательность шагов их использования, включая изложенные выше.

Особенностями комплекса рассмотренных задач являются:

1. Включение в него тех, решение которых базируется на использовании расчетных моделей.

2. Моделирование каждого варианта связано с поиском оптимального значения ключевого показателя организации производства по критерию минимума производственных затрат.

3. Представлены модели, большей частью прошедшие апробацию в серийном приборостроении.

4. Ссылки даны на публикации, содержащие методы расчета, которые необходимы для использования в моделях напряжёмера.

5. Рассматриваемый комплекс задач является минимально необходимым, который может изменяться и дополняться с учетом конкретных условий.

Одно из значимых направлений дальнейшего развития напряжёмера связано с ранжированием задач с учетом чувствительности и устойчивости результата к динамике среды. Это позволит отобрать 20% из них, которые, согласно правилу Паретто, будут влиять на 80% прироста синергетического эффекта.

Необходимость увязки в напряжёмере большого количества различных методов и моделей, объективно обуславливает творческий подход в поиске и нахождении оригинальных решений, проходящих через стадии плагиата, компелирования и комбинирования, каждая из которых включает этапы генерирования идей, их трансформирования и внедрения.

Модель виртуального устройства органично вписывается в парадигму информационного пространства цифрового развития современных предприятий машино- и приборостроения. Напряжёмер становится механизмом эффективного управления развитием организации производства. Он позволяет моделировать системный рост уровня согласия и уменьшения напряженности по критерию снижения затрат. При этом синергетический эффект за счет эмер-

джентности качественно и количественно изменяет и дополняет локальные результаты.

Применение напряжёмера может представлять интерес для Канады, России, США и других развитых стран.

Благодарность д-ру физ.-мат. наук, проф. Василию Димитрову за обсуждение материала статьи.

Библиографический список

1. Сатановский Р.Л., Элект Д. Модели адаптивного развития организации производства // Организатор производства. № 4. 2018. С.19–29.

2. Туровец О.Г., Родионова В.Н., Каблашова И.В. Обеспечение качества организации производственных процессов в условиях управления цифровым производством // Организатор производства. № 4. 2018. С.65–76.

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

4. Сатановский Р.Л. Организационное обеспечение гибкости машиностроительного производства. Л.: Машиностроение. 1987. 96 с.

5. Генкин Б.М. Экономика и социология труд. Учебник, 7-е изд. М.: Норма. 2007. 480 с.

6. Родионова В.Н., Туровец О.Г. Комплексная оценка и планирование организационной гибкости производственной системы // Организатор производства № 3, 2016. С.18–26.

7. Сатановский Р. Модели организации эффективного производства. Затраты, потери, ущерб // Вестник Дома Ученых Хайфы, 2016. Т.36. С.69–76.

8. Burton John. Conflict Resolution and Provention, N.Y. St.Martions Press, 1990. 201p.

9. Димитров В., Сатановский Р. Выборы (стратегия успеха) Сб. статей Клуба русскоязычных ученых штата Массачусетс. Бостон, 2012. Вып. 27. С.130–134.

10. “NAVIMAN” – The navigation system of production management. Available at www.nextb.media/eents/140/assets/pr/solver.pptx (accessed 14.06.2018).

11. Grant R.M. Contemporary Strategy Analysis. Hoboken., N.J., Wiley, 2010. 516 p.

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

13. Baier S.L., Bergstrand J.H., Clance M. W. Heterogeneous effects of economic integration, agreements. *Journal of Development Economics*, Volume 135, 2018. p. 587–608.

14. Филатова М.В., Интеграционные процессы как средство формирования идентичности

производственной системы // *Организатор производства*. Т.27. № 1, 2019. С.25–33.

15. Basnet H.C., Pradhan G. Regional economic integration in Mercosur // *The role of real and financial sectors. Review of Development Finance*, Volume 7, Issue 2, 2017. p.107–119.

Поступила в редакцию – 04 июля 2019 г.

Принята в печать – 30 сентября 2019 г.

Bibliography

1. Satanovsky R.L., Yelent R.L. The models of adaptive development of production organization // *Organizator Proizvodstva*. № 4, 2018, PP.19–29.

2. Turovets O.G., Rodionova V.N., Kablashova I.V. Ensuring the quality of production process planning in the conditions of digital production management // *Organizator Proizvodstva*. № 4, 2018. PP.65 -76.

3. Satanovsky R.L. The methods of reducing production loss. Moscow: *Ekonomika*, 1988. 302 p.

4. Satanovsky R.L. The organizational support of machine construction flexibility. Leningrad, 1987. 96 p.

5. Genkin B.M. Economics and sociology of labour. A guidebook, 7th edition. Moscow: *Norma*, 2007. 480 p.

6. Rodionova V.N., Turovets O.G. The integrated assessment and planning of organizational flexibility of the production system // *Organizator Proizvodstva* № 3, 2016. PP.18–26.

7. Satanovsky R. The models of effective production organization. Costs, loss, damage. *The Bulletin of Haifa's House of Scientists*, 2016. V.36. PP. 69–76.

8. Burton John. *Conflict Resolution and Prevention*. N.Y St.Martions Press, 1990. 201 p.

9. Dimitrov V., Satanovsky R. Elections (The Strategy of Success). The collection of articles of the Club of Russian-speaking scientists of the State of Massachusetts. Boston, 2012. Issue 27. PP.130–134.

10. «NAVIMAN» – The navigation system of production management. Available at www.nextb.media/eents/140/assets/pr/solver.pptx (accessed 14.06.2018)

11. Grant R.M. *Contemporary Strategy Analysis*. Hoboken., N.J., Wiley, 2010. 516 p.

12. Hill C.W., Jones G.R. *Strategic Management Theory: An integrated approach*. Stamford, Connecticut: *Learning*, 2015. 467 p.

13. Baier S.L., Bergstrand J.H., Clance M.W. Heterogeneous effects of economic integration, agreements. *Journal of Development Economics*, Volume 135, 2018. PP 587–608.

14. Filatova M.V. Integrated processes as a means of shaping identity of the production system // *Organizator Proizvodstva*. № 1, 2019. PP. 25–33.

15. Basnet H.C., Pradhan G. Regional economic integration in Mercosur / The role of real and financial sectors. *Review of Development Finance*. Volume 7, Issue 2, 2017. PP.107-119.

Received – 04 July 2019.

Accepted for publication – 30 September 2019.