

СЕКЦИЯ 4

ИМИТАЦИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ

ИМИТАЦИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ В ЗАДАЧАХ ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Аристова Н.И., Чадеев В.М.,

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва, Россия

avtprom@ipu.ru, chavama@yandex.ru

Якимова О.А.

НИУ Высшая школа экономики, Москва, Россия

yakimova.ola@gmail.com

Аннотация. В развитие методологии моделирования процесса технологической подготовки гибкого производства с учетом вероятностей качественного выполнения технологических операций обосновывается актуальность создания единого формализованного подхода для организации трудовых ресурсов и разработки методов и алгоритмов моделирования трудовых процессов совместно с социологическими моделями.

Ключевые слова: цифровизация, организация трудовых ресурсов, гибкое производство, операторы, интеллектуальная работа, удаленный график, вероятность, социологические модели.

Введение

В условиях цифровизации и с приходом на производства инновационных технологий происходят изменения в организации технологических процессов. Возможность получать, анализировать и использовать информацию, которая ранее не была доступна технологам, а сегодня может обновляться в темпе технологического процесса, позволяет производствам оперативно реагировать на изменения внешней среды. В качестве таких изменений могут служить запросы отдельных клиентов, документация на новые изделия, изменения, которые клиент желает внести уже в процессе подготовки к выпуску изделия и т.д. Возможность реагировать на новые вызовы обеспечивают цифровые технологии, освоение которых позволяет производствам характеризоваться как гибкие или клиенто-ориентированные [1]. Отметим, что применение цифровых технологий способствует уменьшению негативного влияния на производственный процесс человеческого фактора. Другими словами, гибкие производства в большей степени становятся автоматическими.

Таким образом, человек выводится из производственного процесса в качестве исполнителя технологических операций и переходит в разряд операторов.

При подготовке кадров появляется возможность смещения акцента с рабочих специальностей на специальности интеллектуальной сферы деятельности. Указанные тенденции получили название Общество 5.0, когда преимуществами цифровых технологий пользуются не только на производствах, но и в обществе в целом.

1. Повышение эффективности технологической подготовки гибкого производства

Повышать эффективность промышленных производств нужно с самых первых этапов технологической подготовки производства. В первую очередь это важно для гибкого производства, так как при частой смене ассортимента выпускаемой продукции каждый раз требуется выполнять ТПП. Поскольку искать наилучшие пути повышения эффективности невозможно путем проведения экспериментов на реальном производстве, используются методы математического моделирования. Совокупность методов и алгоритмов, направленных на повышение эффективности гибкого производства, за счет единого принципа описания предметной области и построения комплекта математических моделей объединены в методологию моделирования процесса ТПП [2–5]. В качестве критериев эффективности рассматривается минимизация времени и стоимости изготовления изделия [3, 4].

В первую очередь речь идет о дискретных производствах, хотя отдельные дискретные процессы имеют место и на предприятиях непрерывного типа. Как правило, это вспомогательные процессы, например, операции по перемещению исходного сырья. Но без этих дискретных процессов невозможна полноценная работа непрерывных производств. Поэтому предложенная методология применима для производств различных типов.

Современный дискретный технологический процесс состоит из большого числа отдельных технологических операций (ТО), включая ТО по изготовлению изделий, вспомогательные ТО и ТО, применяемые для техобслуживания автоматов. Любые ТО выполняются качественно с определенной вероятностью. Величина этой вероятности зависит от видов ТО, а также от исполнителя этой операции. Ключевой особенностью предложенной методологии является выполнение моделирования производственных параметров с учетом качественного выполнения ТО. Качество изготавливаемой продукции определяется с помощью основ теории вероятности. Поэтому критерии эффективности в данной методологии дополняются средними значениями минимальных времени и стоимости изготовления изделия. Области применения производственных параметров, рассчитанных с помощью предложенной методологии, показаны на рис. 1.

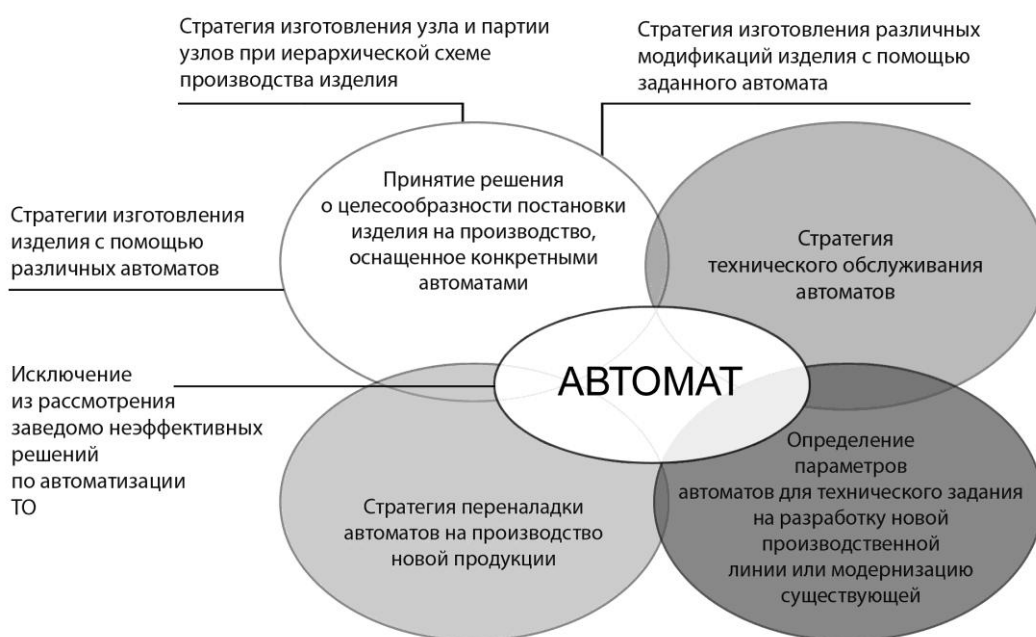


Рис. 1. Области применения производственных параметров, рассчитанных по методологии

Методология базируется на едином принципе представления компонентов производственного процесса, включающем описание [3, 5]:

- технологических операций с помощью времени выполнения ТО (b) и вероятности качественного выполнения ТО (p);
- автоматов с помощью: стоимости автомата (C); ресурса автомата (T); коэффициента единицы рабочего времени автомата.
- процессов изготовления изделий и техобслуживания автоматов с помощью: числа разных видов ТО, требуемых для изготовления изделия, и числа выполнений каждого вида ТО.
- матрицы распределения заданий на выполнение ТО $A = \|\alpha_{ij}\|$:

$$A = \begin{pmatrix} \alpha_{10} & \alpha_{11} & \alpha_{12} & \cdots & \alpha_{1j} & \cdots & \alpha_{1f} \\ \alpha_{20} & \alpha_{21} & \alpha_{22} & \cdots & \alpha_{2j} & \cdots & \alpha_{2f} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \alpha_{i0} & \alpha_{i1} & \alpha_{i2} & \cdots & \alpha_{ij} & \cdots & \alpha_{if} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \alpha_{m0} & \alpha_{m1} & \alpha_{m2} & \cdots & \alpha_{mj} & \cdots & \alpha_{mf} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где a_{ij} – параметры матрицы, показывающие исполнителя ТО. В строках матрицы отражены различные виды ТО, которые применяются для производства изготавливаемого узла. В столбцах располагаются исполнители ТО – различные автоматы, имеющиеся на производстве. Если $a_{ij}=1$, то данную ТО из данной строки выполняет автомат из данного столбца.

Задача состоит в построении матрицы таким образом, чтобы распределить задания на выполнение ТО между автоматами в соответствии с минимизацией основных заданных критериев, указанных выше.

Опираясь на предложенный принцип представления компонентов производственного процесса, разработаны совокупности математических моделей для расчета важных производственных показателей (рис. 2).

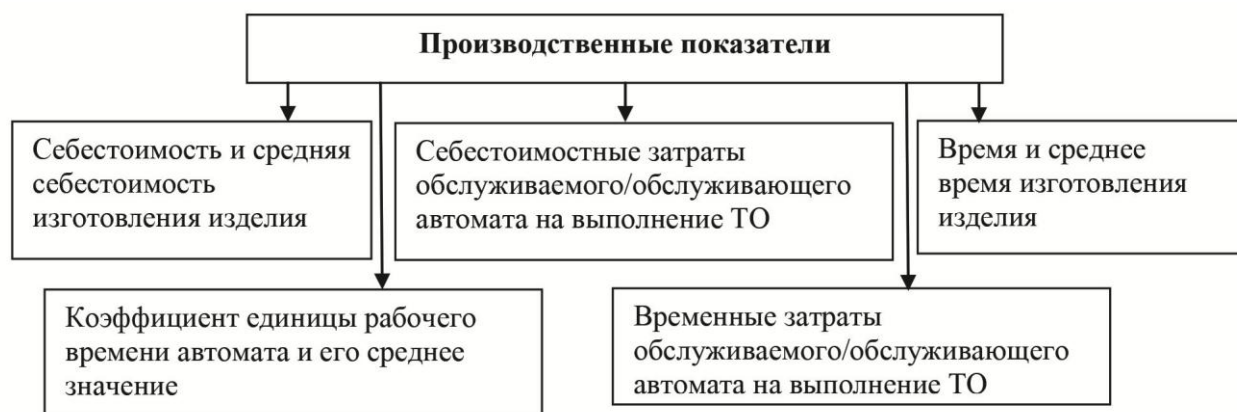


Рис. 2. Производственные показатели, которые могут быть рассчитаны в рамках рассматриваемой методологии

2. Организация труда на гибком производстве

Предложенная методология ориентирована в первую очередь на оценку качества работы автоматов. Но современные производства в большинстве своем являются автоматизированными, то есть в производственном процессе задействованы и люди. Человек также способен выполнить ТО с браком, но ответственный работник сам увидит свои ошибки и постарается их исправить. Однако на практике известны самые разные варианты поведения человека.

Кроме самоконтроля, на производстве устанавливаются производственные нормативы для человека, определяется его квалификация, от которой, в частности, зависит оплата труда. Таким образом, многое на производстве зависит от индивидуальных качеств человека, поэтому это влияние необходимо снижать. Современные технологии двигаются в этом направлении. А на текущем этапе для оценок производственных параметров с учетом труда человека предлагается использовать вероятность выполнения человеком ТО качественно, без брака.

На современных производствах человек присутствует не только непосредственно в технологическом процессе, но может быть задействован в качестве диспетчера или оператора. Для выполнения такого рода работ требуются не только опыт и знания, но и соответствующая психологическая подготовка. Оператор не должен растеряться или слишком долго принимать решение в случае возникновения нестандартной ситуации. И, конечно, оператор не должен пропустить эту ситуацию. Для подготовки операторов производств работает целая отрасль науки – тренажеростроение, где задействованы ученые, практики, психологи, медики, педагоги. Разрабатываются программно-технические решения с применением средств виртуальной реальности, с помощью которых оператор проходит начальное обучение, повышает свою квалификацию, осваивает новые технологии, сдает тесты и экзамены.

Но человека мало обучить, нужно быть уверенным в его работоспособности в течение определенного временного отрезка, например, во время смены. Человек должен быть способен выполнять возложенные на него обязанности одинаково хорошо в начале и в конце смены. В научной литературе такую способность называют надёжностью профессиональной деятельности оператора.

Надежность работы операторов – актуальная задача, которая решается на различных научных направлениях, в том числе в инженерной психологии [6]. В указанной работе понятие надежности тоже вводится через вероятность качественного выполнения человеком трудовой задачи. Причем здесь акцент сделан на том, что человек должен выполнять задачу качественно не единомоментно, а в

течение определенного времени, например, оператор технологического процесса должен поддерживать качество выпускаемого продукта с допустимой точностью на протяжении всей смены.

В этой связи актуальной представляется научная проблема создания единого формализованного подхода для описания процесса организации труда человека на гибких производствах. При этом будет справедливым учитывать вероятностные характеристики: вероятность качественного мониторинга за технологическим процессом и вероятность сохранять надежность работы в течение смены.

3. Организация труда работников интеллектуальной сферы деятельности

В условиях цифровизации перед разработчиками новых технологий стоит задача вывести человека из контура технологического процесса. В этих условиях у человека появляется возможность найти более интересную интеллектуальную работу в офисах. Сегодня к офисной работе справедливо отнести научные организации, проектные, инжиниринговые и ИТ организации и др. При оценке качества работы офисных сотрудников возникает задача оценить, что человек на работе занят именно рабочими проблемами, а не отвлекается на соцсети и личные дела.

При этом бурное развитие информационных технологий, сети Internet, облачных хранилищ дает человеку дополнительную свободу в его профессиональной деятельности, оказывает существенную помощь в выполнении творческой деятельности. Работник уже не привязан к офисному помещению и может выполнять свои функции, в том числе удаленно.

Знаковым в контексте внедрения удаленных форматов работы стал 2020 г. В период пандемии все, кто мог выполнять свои функции из дома, были переведены на «удаленку». Получив реальный опыт дистанционной занятости, и сотрудники, и работодатели оценили преимущества и недостатки такого формата. В результате многие организации сохранили удаленный или гибкий режим работы для своих сотрудников и после пандемии. В трудовом кодексе появились главы, регламентирующие порядок организации труда для работников, выполняющих трудовые функции дистанционно. На сайтах подбора персонала и работодатели, и соискатели указывают желание и доступность удаленной работы. При этом работодатели заинтересованы в наличии методик, которые позволят контролировать сотрудников на предмет эффективного и целевого использования рабочего времени.

Данную задачу решают специалисты кадрового менеджмента. Они используют специальные методики оценки эффективности персонала. В большинстве своем это качественные оценки, хотя имеются отдельные подходы, позволяющие оценить отдельные количественные показатели. Но по отдельности ни одна из групп показателей не работает. Контролер либо теряет в объективности, если использует только качественные методы, либо упускает важную информацию, если учитывает только количественные характеристики [7]. Кадровый менеджмент отмечает вероятностный характер прогнозов поведения сотрудников, учитывающий комплекс динамических, физических и психических процессов индивида. В настоящее время разрабатываются и апробируются разнообразные модели и методики оценки работы персонала, учитывающие комплекс метрик.

В этой связи актуальной представляется научная проблема создания единого формализованного подхода для исследования процесса организации труда человека в организациях офисной (интеллектуальной) сферы. Для решения этой задачи предлагается также использовать методологию, применяемую для гибких производств, но совместно с разработками в области социологии – социологическими моделями.

4. Формализованное представление процесса организации трудовых ресурсов в условиях цифровизации

Объединяя обе сформулированные выше проблемы, рассмотрим формализованное представление процесса организации трудовых ресурсов в условиях цифровизации, включающее описание:

- *операций на производстве* с помощью времени выполнения ($b1$) и вероятности качественного выполнения ТО ($p1$) человеком;
- *операторских работ* с помощью времени смены ($b2$), вероятности качественного мониторинга за протеканием технологического процесса ($p21$), вероятность сохранять надежность работы в течение смены ($p22$);
- *интеллектуальных работ* с помощью времени, отведенного на выполнение интеллектуальных работ ($b3$) и вероятности целевого использования рабочего времени человеком ($p32$).
- *матрицу процесса организации трудовых ресурсов* $A=||\alpha_{ij}||$, где α_{ij} – параметры процесса организации трудовых ресурсов, $0 \leq \alpha_{ij} \leq 1$.

Задача состоит в распределении работ между людьми в соответствии с теми же основными показателями, о которых говорилось выше при описании технологических процессов.

5. Заключение

На базе предложенного формализованного представления процесса организации трудовых ресурсов на следующих этапах научных исследований будут построены математические модели, позволяющие рассчитывать параметры производственных процессов, к которым задействованы люди. Применение этих моделей позволит рассматривать новые пути повышения эффективности производств. Кроме того, применение этих моделей позволит также повысить конкурентоспособность организаций интеллектуальной сферы.

В условиях цифровизации актуальной темой научных исследований является создание цифровых двойников технологических и организационных процессов. Предлагаемый подход может быть использован для создания индивидуальных моделей, которые будут включены в цифровые двойники технологических процессов, производственных объектов и организаций.

Особенностью предлагаемых исследований заключается в привлечении к разработкам социологических моделей.

Литература

1. *Аристова Н.И., Чадаев В.М.* Повышение эффективности технологической подготовки производства за счет учета вероятностей качественного изготовления изделия на этапе отработки конструкции изделия на технологичность // Датчики и системы. 2020. №12. – С. 40–46.
2. *Аристова Н.И., Чадаев В.М.* Метод быстрого оценивания технологичности конструкции изделия с учетом вероятностей качественной работы автоматизированных средств производства // Датчики и системы. 2021. №1. – С. 65–71.
3. *Аристова Н.И., Чадаев В.М.* Метод быстрого оценивания минимальной средней стоимости изготовления изделия на производствах, оснащенных станками с ЧПУ // Датчики и системы. 2021. №2. – С. 67–72.
4. *Аристова Н.И., Чадаев В.М.* Моделирование процесса технологической подготовки матричного производства // Датчики и системы. 2023. №1. – С. 46–49.
5. *Аристова Н.И., Чадаев В.М.* Разработка гибкой робототехнической ячейки для производства деталей типа «тело вращения» с минимальной средней стоимостью // Датчики и системы. 2022. №3. – С. 55–60.
6. *Небылицын В.Д.* Надежность работы оператора в сложной системе управления // Инженерная психология. 1964. – С. 358–367.
7. *Туренко Т.А., Туренко Б.Г.* Методические аспекты оценки управленческого потенциала руководителей и специалистов // Экономика и предпринимательство. 2018. № 6 (95). – С. 818–822.