УДК 658.51
DOI 10.47367/0021-3497_2026_3_232

РАЗРАБОТКА КЛАССИФИКАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ПОДБОРА ОБОРУДОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЧИВОГО АССОРТИМЕНТА

DEVELOPMENT OF CLASSIFICATION CHARACTERISTICS FOR EQUIPMENT SELECTION IN CHANGING ASSORTMENT

А.Р. СОВИНА

A.R. SOVINA

(Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения)

(Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation)

E-mail: rudolfovna15@mail.ru

Статья посвящена проектированию малых швейных предприятий, ориентированных на частую смену ассортимента, в частности, подбору оборудования. Традиционные классификации технологического оборудования не учитывают главного параметра – времени переналадки, которое становится критическим при переходе к "изменчивым" технологиям. Автором предложен новый классификационный признак – "технологическая гибкость (время переналадки)", обоснованный аналитической формулой эффективности. Цель исследования – разработка системы классификационных характеристик, влияющих на занятость и технологическую адаптивность малых предприятий, ориентированных на быструю смену ассортимента выпускаемых изделий. Выявлены два профиля малого предприятия ("стабильный" и "изменчивый") с устойчивыми сочетаниями данных признаков. Для малых предприятий с частой сменой моделей обоснован приоритет минимизации времени переналадки над максимизацией производительности, что определяет выбор группового или ячеечного типа производственной системы. Результаты могут быть использованы при проектировании малых швейных предприятий и в системах поддержки принятия решений при подборе оборудования.

The article is devoted to the design of small sewing enterprises focused on the frequent change of assortment, in particular, the selection of equipment. Traditional classifications of technological equipment do not take into account the main parameter – changeover time, which becomes critical during the transition to "variable" technologies. The author proposed a new classification feature – "technological flexibility (changeover time)", justified by the analytical formula of efficiency. The aim of the work is to develop a system of classification characteristics that affect employment and technological adaptability of enterprises for small enterprises focused on rapid product range change. Two profiles of a small enterprise ("stable" and " variable ") with stable combinations of these characteristics have been identified. For small enterprises with frequent model changes, the priority of minimizing changeover time over maximizing productivity is justified, which determines the choice of a group or cellular type of production system. The results can be used in the design of small sewing enterprises and in decision support systems for the selection of equipment.

Ключевые слова: швейное производство, малое предприятие, время переналадки, технологическая гибкость, изменчивый ассортимент, организация производства.

Keywords: sewing production, small enterprise, changeover time, technological flexibility, variable assortment, production organization.

Введение

Малые швейные предприятия занимают значительную долю в структуре легкой промышленности РФ (до 80…90% от общего числа организаций). В отличие от крупных фабрик, ориентированных на массовый выпуск стандартизированной продукции (спецодежда, униформа), малые предприятия работают в условиях "быстрой моды": частой смены моделей, малых партий, широкого ассортимента [1, 2].

Проектирование таких предприятий традиционно опирается на классификации технологического оборудования, разработанные в эпоху массового производства. Эти классификации (по технологическим переделам, уровню автоматизации, степени специализации, типу управления) не учитывают главного параметра, определяющего эффективность работы в условиях частой переналадки, – времени перехода с одной модели на другую.

Цель настоящего исследования – разработка системы классификационных характеристик технологического оборудования, учитывающих специфику малых швейных предприятий с изменчивым ассортиментом, и обоснование приоритета времени переналадки над производительностью при проектировании таких предприятий.

Анализ существующих подходов

В научной литературе [3…5] и нормативной документации (ГОСТ 12807-2003. Изделия швейные. Классификация стежков, строчек и швов; ГОСТ 27288-87. Машины швейные промышленные. Общие технические требования) применяются различные подходы к классификации швейного оборудования.

По технологическим переделам выделяют: оборудование технологической подготовки производства (CAD), подготовительно-раскройное, швейно-монтажное, отделочное и складское.

По уровню автоматизации: неавтоматизированное, полуавтоматы, автоматы, автоматизированные комплексы, роботизированные ячейки.

По степени специализации: универсальное, специализированное, специальное.

По типу управления: механическое, электромеханическое, электронное, компьютерное (с ЧПУ), роботизированное.

Общим недостатком перечисленных классификаций является их статичность: они описывают оборудование вне связи с динамикой производственной программы (частотой смены моделей, размером партий). Для малых предприятий, функционирующих в условиях "изменчивых" технологий (частая переналадка), данный подход является недостаточно полным, так как не отражает их ключевую потребность в оперативной смене ассортимента. Таким образом, существующие классификации не учитывают время переналадки как определяющий параметр для малых предприятий, что требует разработки нового подхода к классификации оборудования.

Теоретическое обоснование

Введем фундаментальное различие между двумя типами технологий [6].

Стабильные технологии ориентированы на выполнение государственных заказов (например, пошив формы для военных, РЖД, авиакомпаний), а также производство аксессуаров (шевроны, ортопедические бандажи, чехлы для кресел). Для таких производств характерны крупные партии, утвержденные технические условия и редкая смена ассортимента. Такие технологии не являются взаимоисключающими; они остаются востребованными в сегментах государственного заказа и специализированных производств. Проблемная ситуация возникает при эксплуатации оборудования, изначально ориентированного на стабильные технологии, в условиях изменчивого

ассортимента без применения специализированных методик обоснованного выбора.

Изменчивые технологии направлены на работу в сегменте "быстрой моды": частую смену моделей, малые партии, широкий ассортимент.

Кроме того, существуют комбинированные предприятия, которые одновременно выполняют как стабильные госзаказы, так и заказы на мелкие партии. Для таких предприятий требования к оборудованию становятся противоречивыми: с одной стороны, необходима высокая производительность для больших партий, с другой – быстрая переналадка для малых серий. В данной статье рассматриваются преимущественно предприятия, ориентированные на изменчивый ассортимент, однако предложенная система классификационных признаков может быть адаптирована и для комбинированного типа.

Обобщенный показатель эффективности технологической единицы в условиях изменчивого ассортимента с учетом организационной формы производства может быть представлен формулой:

$$E = \frac{P_{tech} K_{org} T_{work}}{T_{work} + n \cdot t_{change}}, \qquad (1)$$

где E – эффективность использования оборудования, ед. продукции / ед. времени; P_{tech} – техническая (паспортная) производительность оборудования, ед./ч; K_{org} – коэффициент организационной формы, зависящий от типа производства M и числа единиц оборудования k на одном рабочем месте; T_{work} – чистое рабочее время, ч; n – количество переналадок за период; t_{change} – среднее время одной переналадки, ч.

Из формулы (1) следует, что при редкой смене моделей ($n \longrightarrow 0$) доминирует производительность P, а при частой смене моделей (большие n) определяющим становится время переналадки t_{change}.

Коэффициент организационной формы K_{org} учитывает влияние типа производства на фактическую производительность оборудования. Он принимает значения в интервале от 0,3 до 1,0: для индивидуальной организации $K_{org} \approx 0{,}3 \ldots 0{,}5$; для поточной линии $K_{org} \approx 0{,}8 \ldots 1{,}0$.

При обслуживании одним рабочим нескольких единиц оборудования (k >1) значение K_{org} дополнительно корректируется в сторону понижения с учетом увеличения времени ожидания и возможной десинхронизации операций.

Пример расчета

Исходные данные:

паспортная производительность станка P_{tech} = 100 ед./час;

организация – индивидуальная (K_{org} = = 0,45);

чистое рабочее время T_{work} = 7 часов;

количество переналадок n = 4;

среднее время одной переналадки t_{change} = 0,5 часа.

Расчет:

$$E = \frac{100 \cdot 0{,}45 \cdot 7}{7 + 4 \cdot 0{,}5} = \frac{315}{9} = 35 \text{ ед./ч.}$$

Без учета организационной формы эффективность была бы завышена в 2,2 раза и составила:

$$E = \frac{100 \cdot 7}{7 + 4 \cdot 0{,}5} = 77{,}8 \text{ ед./ч.}$$

Рыночная конъюнктура требует от швейных предприятий высокой мобильности и работы с малыми партиями. Однако сложившаяся структура парка оборудования на большинстве предприятий по-прежнему ориентирована на стабильные технологии и длительные серии. Для малых предприятий, стремящихся к частой смене моделей, снижение времени переналадки с двух часов до десяти минут дает кратный рост эффективности, недостижимый за счет увеличения паспортной производительности.

Следовательно, при проектировании малых швейных предприятий приоритет должен отдаваться оборудованию с минимальным временем переналадки, даже если его паспортная производительность несколько ниже.

Разработка классификационных признаков

На основе проведенного анализа предлагается система классификационных характеристик технологического оборудования, учитывающая специфику малых предприятий с изменчивым ассортиментом (табл. 1). В отличие от традиционных подходов, в нее включен признак "технологическая гибкость (время переналадки)", а также уточнены такие характеристики, как степень новизны, уровень автоматизации (с учетом концепции Индустрии 4.0), влияние на занятость, стоимость и совместимость с существующей линией.

Таблица 1

Признак классификации	Градации	Значение для проектирования малого предприятия
Технологическая гибкость (время переналадки)	1 – низкая (более 60 мин); 2 – средняя (от 10 до 60 мин); 3 – высокая (менее 10 мин)	Определяет скорость реакции на смену моделей. Для малых предприятий с частой сменой ассортимента рекомендуется уровень не ниже 2
Степень новизны	1 – морально устаревшее; 2 – текущее; 3 – инновационное	Влияет на срок службы, доступность запчастей, совместимость с цифровыми системами
Уровень автоматизации (Индустрия 4.0)	0 – механическое; 1 – с ЧПУ (автономное); 2 – с возможностью подключения к Сети / с IoT; 3 – с элементами искусственного интеллекта (компьютерное зрение, предиктивная аналитика); 4 – интегрированное (совместимое с MES/ERP и облачными сервисами)	Оптимальный уровень для малых предприятий – 1-2 (соотношение цены и гибкости)
Влияние на занятость	1 – замещает (полностью заменяет оператора); 2 – снижает трудоемкость; 3 – ограниченно влияет; 4 – создает новые компетенции	В условиях дефицита кадров предпочтительны уровни 1-2; при необходимости сохранения коллектива – уровень 3; при возможности обучения персонала – уровень 4
Стоимость (CAPEX+OPEX)	1 – низкая (<500 тыс. руб.); 2 – средняя (0,5-2 млн); 3 – высокая (>2 млн)	Для малых предприятий критичен. Рекомендуется уровень 1-2 с учетом лизинга
Технологическая адаптивность	0 – высокий порог входа; 1 – ограниченная; 2 – универсальная (готовая к работе)	Оценивает простоту и скорость запуска. Для малых предприятий предпочтителен уровень 2.

Технологическая гибкость оценена по времени переналадки на основе метода SMED [7] и анализа типовых операций швейного оборудования (менее 10 мин – высокая, соответствует переналадке в пределах рабочего цикла; 10…60 мин – средняя, требует планирования; более 60 мин – низкая, сопоставима со сменой модели).

Трехуровневая градация степени новизны выбрана на основе анализа жизненного цикла швейного оборудования. К морально устаревшему отнесено оборудование, снятое с производства (как правило, более пяти лет назад), для которого прекращен выпуск запасных частей. К текущему – оборудование, находящееся в серийном производстве. К инновационному – оборудование, выпущенное в последние 3…5 лет и/или обладающее функциями IoT, ИИ или другими элементами Индустрии 4.0. Выбор временного порога 3…5 лет обусловлен рыночной практикой: именно за этот период новые технологические решения становятся массовыми и доступными по цене, а их интеграция в производство перестает требовать уникальных компетенций.

Предложенная градация уровней автоматизации соответствует эволюции швейного оборудования от полностью механического (уровень 0) до интегрированного в цифровую производственную экосистему (уровень 4). Критериями отнесения к тому или иному уровню служат наличие ЧПУ, сетевых интерфейсов, функций ИИ и совместимость с системами управления производством (MES/ERP).

Градации влияния на занятость отражают степень замещения человеческого труда: от полной замены оператора (уровень 1) до появления новых профессиональных компетенций (уровень 4). Ключевым критерием является доля операций, выполняемых оборудованием автономно, а также изменение требований к квалификации персонала.

Стоимость включает совокупные затраты на приобретение и эксплуатацию за 3 года (CAPEX + OPEX), что соответствует среднему сроку планирования малых предприятий; границы установлены на основе анализа данных госзакупок (например, цена базовой прямострочной машины – 30…40 тыс. руб., вышивальной многоголовочной – 1,5…2,5 млн руб.).

Технологическая адаптивность в значительной степени влияет на пороговый уровень входа в систему: от необходимости затратной модернизации инфраструктуры (уровень 0) до возможности относительно оперативного ввода в эксплуатацию после краткого инструктажа в 15…30 минут (уровень 2).

Дифференциация классификационных признаков по ассортиментным группам

Предложенные в табл. 1 границы времени переналадки не являются универсальными для всех типов швейного оборудования и всех видов изделий. В табл. 2 приведены примеры оборудования для различных ассортиментных групп с фактическими диапазонами времени переналадки, полученными на основе анализа технической документации.

Таблица 2

Ассортиментная группа	Характерный материал	Пример оборудования	Диапазон времени переналадки (мин)	Уровень гибкости (по табл. 1)	Особенность, влияющая на гибкость
Трикотажные изделия (футболки, свитшоты)	Высокоэластичный трикотаж	Распошивальная машина, плоскошовная	5…15	Высокая / средняя	Требуется замена конвейерной ленты, регулировка давления лапки
Сорочки / блузы (легкий ассортимент)	Хлопок, смесовые	Прямострочная машина с обрезателем нити	2…8	Высокая	Стандартные узлы, быстрая смена лапки и иглы
Верхняя одежда (пальто, куртки)	Плащевые ткани, мембраны, синтепон	Стачивающе-обметочная машина (оверлок), рукавная полуавтомат	20…50	Средняя / низкая	Смена транспортера, регулировка дифференциальной подачи, замена лезвий
Джинсовые изделия	Деним	Машина с усиленным транспортером, с двойной иглой	15…30	Средняя	Требуется замена игл и пластин, калибровка натяжения нити
Вышивка / аппликации	Разные (от трикотажа до кожи)	Многоголовочная вышивальная машина	40…120	Низкая	Смена пялец, центровка программы под размер пялец
Спецодежда / снаряжение	Грубые ткани, ременные ленты	Двухниточная краеобметочная машина для пошивки лямок	10…25	Средняя	Замена направляющих, регулировка стежка под толщину ткани

Из табл. 2 видно, что одно и то же оборудование (например, стачивающе-обметочная машина) при переходе с легкой блузы на пальто на подкладке может изменить время переналадки с 8 до 40 минут, то есть перейти из категории высокой гибкости в низкую. Следовательно, классификационный признак "технологическая гибкость" должен определяться не по паспортным данным оборудования в "средних условиях", а по конкретному сценарию использования – с учетом ассортимента, материала и частоты смены моделей на данном предприятии.

Изучение классификационных признаков дает основание выделить два противоположных профиля малого швейного предприятия. Каждый профиль складывается из устойчивого набора характеристик.

Стабильный профиль включает низкую гибкость технологий (уровень 1), простую автоматизацию (0-1), сокращение трудозатрат (влияние на рабочие места 1-2), высокий барьер внедрения (0-1) и невысокую цену. Такие предприятия делают ставку на большие партии, редкие перестройки и быструю отдачу, но могут быть уязвимы при смене моделей.

Изменчивый профиль отличается высокой гибкостью (2-3), продвинутой автоматизацией с IoT и ИИ (2-3), новыми навыками для сотрудников (влияние на занятость 3-4), легким внедрением (уровень 2) и средней/высокой стоимостью. Они подходят для частой смены дизайна и малых тиражей, но нуждаются в наладчиках-программистах и дольше окупаются.

Выбор профиля зависит от рыночной стратегии, ориентированной на стабильный спрос или тренды "быстрой моды".

Предложенная в работе система классификационных признаков позволяет формализовать данный выбор и использовать его в качестве основы для обоснования проектных решений.

Применение при проектировании предприятия

Требования к производственной системе малого предприятия напрямую задаются его профилем. Выбор оптимального типа системы должен соответствовать этому профилю.

Для стабильного ассортимента (менее 10 переналадок в год) целесообразно применение конвейерного типа с оборудованием, обладающим гибкостью уровня 1 и автоматизацией 0-1.

При умеренно изменчивом ассортименте (20…50 переналадок в год) рекомендуется групповой тип с гибкостью 2 и автоматизацией 1-2.

Для высокоизменчивого ассортимента (свыше 50 переналадок в год) оптимален ячеечный тип с гибкостью 3 и автоматизацией 2-3.

Ограничения применимости классификационных признаков

Разработанные классификационные характеристики являются типологическими (задают типологию оборудования), но не метрическими (не дают абсолютных рекомендаций "всегда брать гибкость 3"). Конкретное значение предельного времени переналадки, которое считается приемлемым, зависит от трех факторов.

Ассортиментная группа изделия – для вышивальной многоголовочной машины 40 минут переналадки могут быть неизбежны и даже считаться "хорошим" показателем, в то время как для прямострочной машины при пошиве футболок 40 минут – неприемлемо.

Материал и его свойства – при переходе с одного типа ткани на другой может потребоваться замена транспортных элементов, регулировка дифференциальной подачи, что увеличивает реальное время переналадки в 2…3 раза по сравнению с аналогичным перепадом на стандартном хлопке.

Состав оборудования технологической линии – если линия включает 10 единиц оборудования, а "узким местом" по переналадке является один медленный автомат, то общая эффективность системы будет определяться им, а не остальным оборудованием с высокой гибкостью.

При выборе типа производственной системы и оборудования дополнительно учитывается кадровый потенциал предприятия: уровни 0-1 предполагают операторов с ба-

зовыми навыками швейного производства; уровни 2-3 требуют квалифицированных наладчиков-программистов; уровень 4 – специалистов по управлению производственными системами. Данный аспект следует учитывать при проектировании малого предприятия.

При этом законы организации производства (разделение труда, одновременность, синхронизация) [8, 9] трансформируются: для малого предприятия предпочтительно укрупнение операций и переход к многостаночному обслуживанию, минимизация параллельных позиций, поскольку большое число параллельных рабочих мест усложняет синхронизацию переналадок, а синхронизация должна быть не по такту, а по времени переналадки смежных переделов.

ВЫВОДЫ

Выявлены два полярных профиля малого швейного предприятия ("стабильный" и "изменчивый"), характеризующиеся устойчивыми сочетаниями технологической гибкости, автоматизации, влияния на занятость и адаптивности. Традиционные классификации оборудования не учитывают специфику "изменчивого" профиля, что приводит к необоснованному приоритету производительности над временем переналадки при проектировании малых предприятий.

Предложен новый классификационный признак – "технологическая гибкость (время переналадки)", обоснованный аналитической формулой эффективности. Показано, что для малых предприятий с частой сменой моделей приоритетным является не максимальная производительность, а минимальное время переналадки.

Разработана система из шести классификационных характеристик (технологическая гибкость, новизна, автоматизация, влияние на занятость, стоимость, адаптивность), определяющих выбор типа производственной системы (конвейерный, групповой, ячеечный) и реализующих модифицированные законы организации производства.

Предложенные классификационные признаки образуют типологическую матрицу для проектирования малых швейных предприятий. Однако при ее использовании необходимо учитывать дифференциацию времени переналадки по ассортиментным группам и материалам изделий, а также проводить предварительный хронометраж на конкретном предприятии.

Для каждого предприятия следует проводить замер времени на типовые переналадки по 3…5 моделям из планируемого ассортимента. Если медианное время переналадки по всем единицам оборудования на линии не превышает средней продолжительности операции по обработке одной детали (или 10% от сменного фонда времени при 5+ сменах модели в неделю), предложенная градация гибкости считается верифицированной. В противном случае требуется пересмотр либо оборудования, либо ассортиментной стратегии.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Никитина Л.Н., Шиков П.А., Рогозина К.С.* Внедрение инноваций в производство посредством технического перевооружения промышленных предприятий // Фундаментальные основы инновационного развития науки и образования. Ч. 1. Пенза: Наука и Просвещение, 2018. С. 122…124.
2. *Мезенцева Т.В., Ширчков Н.П., Покровская Т.Д.* Анализ современного оборудования и тенденции комплексной автоматизации швейного производства // Костюмология. 2024. Т. 9. № 2. С. 1…11.
3. *Ермаков А.С.* Оборудование швейного производства: учебник. 2-е изд., испр. и доп. М.: Юрайт. 2026. 259 с.
4. *Франц В.Я.* Оборудование швейного производства: учебник. 4-е изд. М.: Издат. центр "Академия", 2010. 448 с
5. *Гаранин Г.В., Короткова М.В.* Классификация швейного оборудования // Инженерно-педагогический вестник: легкая промышленность. 2021. № 7(10). С. 74…79.
6. *Колосова О.В., Яшин С.Н., Мурашова Н.А.* Управление инновационной деятельностью: учеб. пособие. 2-е изд. Н. Новгород: Нижегор. гос. техн. ун-т, 2012. С. 29.
7. *Shingo S.* A Revolution in Manufacturing: The SMED System. Cambridge: Productivity Press. 1985. 384 p.
8. *Форд Г.* Моя жизнь, мои достижения / пер. с англ. Е. Кочерин, Н. Рудницкая. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. 276 с.
9. *Goldratt E.M., Cox J.* The goal: a process of ongoing improvement. Croton-on-Hudson, New York: North River Press. 1986. 292 p.

R E F E R E N C E S

1. *Nikitina L.N., Shikov P.A., Rogozina K.S.* Introduction of innovations into production through technical re-equipment of industrial enterprises // Fundamental principles of innovative development of science and education. Part 1. Penza: Science and Enlightenment", 2018. P. 122...124.

2. *Mezentseva T.V., Shirchkov N.P., Pokrovskaya T.D.* Analysis of modern equipment and trends in integrated automation of sewing production // Costumology. 2024. Vol. 9. No. 2. P. 1...11.

3. *Ermakov A.S.* Sewing production equipment: textbook. 2nd ed., ispr. and add. Moscow: Yurayt Publishing House. 2026. 259 p.

4. *Frants V.Ya.* Sewing production equipment: textbook. 4th ed. M.: Publishing center "Academy", 2010. 448 p.

5. *Garanin G.V., Korotkova M.V.* Classification of sewing equipment // Engineering and Pedagogical Bulletin: light industry. 2021. No. 7(10). P. 74...79.

6. *Kolosova O.V., Yashin S.N., Murashova N.A.* Innovation management: textbook. Manual. 2nd ed. N. Novgorod: Nizhegorod State Technical University. Univ., 2012. P. 29.

7. *Shingo S.* A Revolution in Manufacturing: The SMED System. Cambridge: Productivity Press. 1985. 384 p.

8. *Ford G.* My life, my achievements; translated from English by E. Kocherin, N. Rudnitskaya. Moscow: Mann, Ivanov and Ferber, 2013. 276 p.

9. *Goldratt E. M., Cox J.* Goal: a process of continuous improvement. Croton-on-Hudson, New York: North River Press, 1986. 292 p.

Рекомендована кафедрой гражданского права Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения. Поступила 29.04.26.