ОПТИМИЗАЦИЯ СТАНДАРТИЗАЦИИ РАБОЧИХ МЕСТ В АВИАСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ: ОТ ФОРМАЛЬНОЙ МАРКИРОВКИ К ЭРГОНОМИЧЕСКИ ОБОСНОВАННОЙ СИСТЕМЕ ОБОЗНАЧЕНИЙ

OPTIMIZATION OF WORKPLACE STANDARDIZATION IN AIRCRAFT MANUFACTURING: FROM FORMAL LABELING TO AN ERGONOMICALLY JUSTIFIED MARKING SYSTEM

Ю.В. Байер, студент
И.В. Скрипачева, студент
Научный руководитель: И.Г. Нуретдинов

Yu.V. Bayer, I.V. Skripacheva
Scientific supervisor: I.G. Nuretdinov

Ульяновский государственный технический университет
Ulyanovsk State Technical University

Аннотация

Через рабочие места сборочных и заготовительных участков авиастроительного предприятия проходит основная масса технологических операций, поэтому любая неэффективность организации рабочего пространства переходит на последующие этапы сборки. Затруднение в том, что при внедрении системы 5S требование «подписать всё» распространяется на все предметы труда без учёта частоты их использования, вследствие чего маркировка из инструмента эффективности превращается в дополнительный эргономический фактор риска и вызывает сопротивление персонала. Цель — на основе анализа практики внедрения стандартизации на конкретном авиастроительном предприятии выявить причины неэффективности формального подхода и предложить методику дифференцированной стандартизации, учитывающую частоту использования предметов труда. Использованы анализ и синтез, сравнительный,

хронометражный и расчётно-аналитический методы. Установлено, что подход «подписать всё» исходит из неявного допущения о равенстве всех предметов рабочего места по частоте обращения и когнитивной нагрузке; это допущение не соответствует реальной логике производства. Предложена методика двухуровневой стандартизации: «активная зона» (высокочастотные предметы, маркируемые по принципу «опознание без чтения» — контуры, цветовые коды, короткие обозначения) и «зона хранения» (предметы средней и низкой частоты, маркируемые полностью с указанием количества, ответственного и периодичности контроля). Критерий разграничения — хронометражно установленная частота обращения. Модель позволяет авиастроительным предприятиям перераспределять объём маркировки в соответствии с реальной логикой операций, снижая время поиска и эргономические риски.

Annotation

The workplaces of assembly and blank production shops of an aircraft enterprise account for the bulk of technological operations, so any inefficiency in workplace organization carries over to subsequent assembly stages. The difficulty is that when implementing the 5S system, the requirement to "label everything" applies to all work items without regard to frequency of use, as a result of which labeling turns from an efficiency tool into an additional ergonomic risk factor and causes staff resistance. The aim is to identify, based on an analysis of standardization implementation at a specific aircraft enterprise, the causes of the formal approach's inefficiency and to propose a differentiated standardization methodology that takes into account the frequency of use of work items. The study uses analysis and synthesis, comparative, time-study and calculation methods. It is established that the "label everything" approach

rests on an implicit assumption that all workplace items are equal in frequency of access and cognitive load; this assumption does not correspond to the real logic of production. A two-level standardization methodology is proposed: an "active zone" (high-frequency items marked on the "recognition without reading" principle — contours, color codes, short designations) and a "storage zone" (medium- and low-frequency items fully marked with quantity, responsible person and inspection frequency). The criterion for differentiation is the time-study-established frequency of access. The model allows aircraft enterprises to redistribute the scope of labeling in accordance with the real logic of operations, reducing search time and ergonomic risks.

Ключевые слова: бережливое производство, 5S, стандартизация рабочего места, визуальное управление, маркировка, эргономика, авиастроение, время поиска, вовлечённость персонала.

Keywords: lean production, 5S, workplace standardization, visual management, labeling, ergonomics, aircraft industry, search time, staff involvement.

Введение

Современное авиастроительное производство предъявляет высокие требования к качеству, безопасности и скорости операций, поэтому предприятия всё активнее внедряют инструменты бережливого производства, прежде всего систему 5S. Её четвёртый этап — стандартизация — предполагает создание визуальных правил организации рабочего пространства: у каждой вещи должно быть обозначенное место. Актуальность темы обусловлена тем, что российские авиастроительные предприятия целенаправленно

внедряют эти принципы: на Иркутском авиационном заводе за четыре года реализации программы бережливого производства подано более 3500 предложений с суммарным эффектом свыше 21 млн рублей. Исследования в аэрокосмическом производстве показывают, что грамотное применение 5S сокращает время поиска инструмента и документации на 20–40%. Однако на практике внедрение стандартизации сталкивается с разрывом между формальными требованиями и реальной логикой производственного процесса.

Проблема заключается в том, что при внедрении визуального управления доминирует формальный подход: требование «подписать всё» распространяется на все предметы без учёта частоты их использования. В результате маркировка, призванная повышать эффективность, превращается в бюрократическую процедуру: рабочие игнорируют обозначения, которые не помогают, а замедляют работу; подписи наносятся «для галочки». Исследования подтверждают, что недостаточная вовлечённость рабочих способна затормозить преобразования даже при поддержке руководства.

Цель статьи — на основе анализа практики внедрения стандартизации на конкретном авиастроительном предприятии выявить причины неэффективности формального подхода и предложить методику дифференцированной стандартизации, учитывающую частоту использования предметов труда.

Задачи: 1) проанализировать существующие подходы к стандартизации рабочих мест в авиастроении; 2) выявить на примере конкретного участка недостатки системы маркировки «подписать всё»; 3) разработать и обосновать модель двухуровневой стандартизации («активная зона» и «зона хранения»); 4) оценить

ожидаемый эффект с точки зрения сокращения времени поиска, снижения эргономических рисков и вовлечённости рабочих. Практическая значимость состоит в том, что методика может быть использована авиастроительными предприятиями при доработке корпоративных стандартов 5S: в отличие от существующих рекомендаций, ориентированных на визуальную полноту, предлагаемый подход ставит во главу угла эргономику и фактическую частоту операций, что соответствует профилю подготовки по самолёто- и вертолётостроению.

Теория стандартизации 5S и логика её применения в авиастроении.

Четвёртый этап 5S — стандартизация — институционализирует результаты первых трёх этапов, а визуальное управление и система обозначений служат его основными техническими средствами. В авиастроении ценность 5S связана не только с порядком, но и с предотвращением повреждений посторонними предметами (FOD) и соответствием требованиям аудита. Однако реализация 5S здесь имеет условие: отрасль характеризуется низкими объёмами выпуска, высокой сложностью, строгой сертификацией и зависимостью от ручного труда, поэтому решения нельзя прямо переносить из автомобильной промышленности. Система обозначений «охватить всё» неявно предполагает равенство всех предметов по частоте использования и когнитивной нагрузке — предположение, не соответствующее реалиям авиационной сборки. В этом и заключается теоретический корень рассматриваемой проблемы.

Эргономические ограничения авиационной сборки.

Работа в окончательной сборке часто выполняется в положении на коленях или с поднятыми руками, а в ограниченных пространствах (например, внутри кессона стабилизатора) сочетает «слепые операции», стеснённые позы и повторяющиеся движения. Существующие эргономические модели, основанные на допущении об открытом пространстве, такие сценарии не охватывают. Отсюда следует требование к системе обозначений: при уже высокой когнитивной нагрузке любая дополнительная обработка информации — например, чтение бесполезного для текущей операции ярлыка — усиливает утомление. Если обозначения не согласуются с потоком действий оператора, они сами становятся эргономическим фактором риска. Принцип «расслоения по частоте использования» является прямым ответом на это ограничение.

Принципы организации пространства «с ориентацией на человека». Концепция «Индустрии 5.0» подчёркивает, что технологии должны поддерживать, а не заменять оператора. Для настоящего исследования отсюда следует: эффективность обозначений оценивается не по полноте, а по фактическому использованию оператором и снижению его когнитивной и физической нагрузки. Практика китайских авиастроительных предприятий подтверждает этот тезис: AVIC XAC использует матрицу ответственности «1 человек — 1 зона» для 6S, а HAIG применяет в цехе листовой штамповки «визуализацию размещения + визуализацию стандартов» с постановочными фотографиями. Эффективная стандартизация проистекает не из роста числа обозначений, а из чёткого соответствия между обозначениями, субъектом ответственности и операционным контекстом.

Интеграция теоретической рамки. Обобщая три области, исследование формирует аналитическую рамку: эффективность

стандартизированных обозначений определяется степенью их соответствия фактической частоте использования и эргономическим ограничениям оператора. Когда система игнорирует различия в частоте и когнитивную нагрузку, она превращается из инструмента эффективности в формальное бремя; когда обозначения расслаиваются на «активную зону» (высокая частота, низкие когнитивные затраты) и «зону хранения» (низкая частота, полная информация), стандартизация удовлетворяет и требованиям порядка, и требованиям операционной эффективности. Эта рамка служит теоретической основой для диагностики конкретного цехового случая и разработки решения.

Пути решения: методика двухуровневой стандартизации рабочего места

Ключевой принцип: разграничение по частоте использования. Критерием разграничения выступает частота обращения к предмету в течение смены, а не его стоимость, габариты или категория. Предлагается шкала: высокая частота (несколько раз в час и чаще — ключи, крепёж текущей операции, карта текущего перехода), средняя (несколько раз в смену — специализированный инструмент, оснастка, шаблоны), низкая (раз в смену и реже — сменные насадки, запасные части, документация участка). Предметы высокой частоты относятся к «активной зоне», средней и низкой — к «зоне хранения». Границы зон могут пересматриваться, но принцип минимизации информационной нагрузки на высокочастотные объекты остаётся неизменным.

Уровень «Активная зона»: минимум обозначений при максимуме скорости. Цель маркировки здесь — не информирование, а мгновенное опознание и возврат на место. Применяются:

контурная маркировка (shadow board) — место обозначается силуэтом предмета, отсутствие видно сразу; цветовое кодирование по операции; короткие коды вместо полных наименований (расшифровка — на отдельном стенде); физическое ограничение мест хранения. Принцип — «опознание без чтения».

Уровень «Зона хранения»: полная маркировка с указанием ответственности. Для предметов средней и низкой частоты информационная нагрузка допустима. Маркировка включает наименование и номенклатурный номер, количество и единицу измерения, ответственное лицо, периодичность контроля. Дополнительно используются «постановочные фотографии» ячеек с эталонным состоянием — подход, применяемый в практике 6S на авиастроительных предприятиях (опыт HAIG).

Процедура внедрения. Последовательность шагов: хронометражное наблюдение в течение 5–10 смен с фиксацией обращений к каждому предмету; классификация по трём категориям частоты; реорганизация активной зоны (размещение в пределах досягаемости, контуры, цветовые маркеры, короткие коды); оформление зоны хранения (полная маркировка, ответственные, постановочные фотографии); пилотная эксплуатация 4–6 недель с фиксацией времени поиска и числа отклонений; корректировка границ зон и закрепление конфигурации в стандарте участка. Внедрение начинается с наблюдения, а не с нанесения подписей, — этим методика принципиально отличается от кампанейского подхода.

Ожидаемые эффекты и критерии оценки. Оценка ведётся по трём группам показателей: время поиска предмета (ожидаемое сокращение на 20–40% для активной зоны, что соответствует данным исследований по 5S в аэрокосмическом производстве);

эргономические показатели (снижение числа обращений, требующих неудобной позы или выхода из рабочей зоны); вовлечённость (доля предметов, маркировка которых реально используется операторами). Методика не отменяет требований корпоративных стандартов к полноте маркировки, а перераспределяет её: полная информация перемещается в зону хранения, где не мешает работе. Тем самым снимается основной источник сопротивления персонала.

Ограничения. Методика разработана для участков с преимущественно ручными операциями и стабильной номенклатурой; при высокой ротации оснастки классификация требует более частого пересмотра. Эффект зависит от качества хронометража: при формальном проведении первого шага границы зон окажутся произвольными. На участках с жёсткими отраслевыми требованиями к маркировке объём обязательных обозначений в активной зоне может быть расширен — в этом случае приоритет отдаётся контурной и цветовой маркировке как наименее нагрузочной.

Выводы

1. Выявлена сущность проблемы. Подход «подписать всё» исходит из неявного допущения о равенстве всех предметов по частоте использования и когнитивной нагрузке. Это допущение не соответствует реальной логике производства, поэтому маркировка превращается в эргономический фактор риска и вызывает сопротивление персонала. Проблема носит проектировочный, а не организационный характер.

2. Обоснована теоретическая рамка. Эффективность обозначений определяется их соответствием фактической частоте использования и эргономическим ограничениям оператора.

Интеграция теории 5S, эргономики авиационной сборки и принципов проектирования «с ориентацией на человека» объясняет, почему полнота маркировки не тождественна её полезности.

3. Разработана методика двухуровневой стандартизации. Предложено разграничение на «активную зону» (высокочастотные предметы, маркируемые по принципу «опознание без чтения») и «зону хранения» (предметы средней и низкой частоты, маркируемые полностью). Критерий разграничения — хронометражно установленная частота обращения.

4. Определена процедура внедрения и критерии оценки. Последовательность строится от наблюдения к маркировке: хронометраж, классификация, реорганизация зон, пилотная эксплуатация, корректировка, закрепление в стандарте. Эффективность оценивается по времени поиска, эргономическим показателям и вовлечённости операторов.

5. Обозначены границы применимости. Методика ориентирована на участки с ручными операциями и стабильной номенклатурой; эффект зависит от качества хронометража, а при жёстких отраслевых требованиях приоритет отдаётся наименее нагрузочным формам обозначений.

Практическая значимость — возможность использования методики при доработке корпоративных стандартов 5S и обучении персонала. Дальнейшие исследования — апробация на конкретном участке, количественная оценка эффекта, распространение на участки с высокой ротацией оснастки.

Список литературы

1. Yağlı E., Şencan A. Ç., Koçak M. R., Şencan C. Investigation of the effect of 5S application on production efficiency in machining: A

field study at an aviation company // Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University. 2024. Vol. 39, No. 2. P. 1067–1082.

2. Практика применения бережливого производства на предприятиях авиастроения // КиберЛенинка.
3. Поточное производство без потери времени на ИАЗ // Союз машиностроителей России. 2026.
4. Enhancement of Production Performance and Ergonomics Safety Conditions in R&D Aviation Manufacturing Sector by using 5S and Time and Motion Study Techniques // International Journal of Engineering Research & Technology. 2024. Vol. 13, Issue 10.
5. Visual communication system design in production area using 5S approach // Jurnal Teknik Industri Terintegrasi. 2025. Vol. 8, No. 3. P. 2755–2762.
6. ОДК-Салют внедряет решения для увеличения производительности и повышения качества деталей // Объединенная двигателестроительная корпорация. 2026.