

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

*Методические указания к самостоятельной работе
для студентов направления подготовки 05.04.06*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра геоэкологии

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ
ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

*Методические указания к самостоятельной работе
для студентов направления подготовки 05.04.06*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021

УДК 504.063.3 (073)

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ: Методические указания к самостоятельной работе / Санкт-Петербургский горный университет. Сост. *А.С. Данилов, В.А. Матвеева*. СПб, 2021. 43 с.

Самостоятельная работа по дисциплине «Современные методы контроля состояния природной среды» направлена на формирование у студентов навыков применения знаний, полученных на лекциях, для самостоятельного решения практических задач на производстве.

В методических указаниях изложены вопросы организации, функционирования и результативности систем экологического мониторинга. Описаны основные приемы работы в аналитических лабораториях. Большое внимание уделено вопросам организации наблюдений, проведению пробоподготовки, устройствам и аппаратуре первичного анализа, а также методам и средствам мониторинга окружающей среды.

Предназначены для студентов направления подготовки 05.04.06 «Экология и природопользование» профиль «Экологический мониторинг».

Научный редактор проф. *М.А. Пашкевич*

Рецензент к.т.н. *М.А. Солнышкова* (ООО «СПб-Гипрошахт»)

БЕРЕЖЛИВАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

Успешная реализация «бережливого производства» в ряде областей вдохновила компании на внедрение данной модели в лабораториях. Эта сфера отличается от производства. Хотя большинство ключевых принципов традиционной концепции «бережливости» применимы и здесь, работа в лабораториях имеет ряд уникальных особенностей.

Потенциальные преимущества подхода «бережливая лаборатория»

— Более прозрачные, структурированные и контролируемые процессы и как результат — более стабильная и предсказуемая работа лаборатории;

— Значительное повышение производительности;

— Сокращение времени выполнения работ;

— Снижение затрат;

— Снижение объема незавершенных работ;

— Более высокий уровень выполнения работ с первого раза;

— Четкое представление о ресурсах и возможностях лаборатории;

— Более широкие возможности для персонала лаборатории;

— Упреждающий подход в организации работы, культура постоянного совершенствования;

— Повышение уровня обслуживания клиентов.

В этом документе создание бережливой лаборатории рассматривается в первую очередь с точки зрения оптимизации процессов. Ее цель — способствовать повышению экономической эффективности предприятия. Процедурные изменения, которые приводят к бережливости в лаборатории, можно начинать в любой момент с небольших шагов и проводить модуль за модулем. Сюда входят: унификация работы различных устройств, оптимизация рабочих мест и процессов, создание комбинаций модульных устройств, объединение различного программного обеспечения в единую сеть и организация качественного обслуживания.

Чтобы развивать бизнес, нужно внедрять культуру постоянного совершенствования. Она должна затрагивать все уровни — от клиентов до аналитиков, опираться на новаторские идеи и способст-

воват преобразованиям по всей лаборатории. Ниже приведены некоторые направления для улучшения, которые важны для концепции бережливой лаборатории.

Успех в виде «магического треугольника». Три угла должны быть равны.



Рис. 1. «Магический треугольник»

КОНЦЕПЦИЯ БЕРЕЖЛИВОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Бережливое производство как модель

Концепция «бережливого производства» подразумевает повышение производительности и эффективности в производственных компаниях, а также выполнение требований клиентов и получение конкурентных преимуществ за счет низких затрат и высокого качества.

Она охватывает все сферы бизнеса, включая культуру управления и удовлетворенность сотрудников. С одной стороны, эта концепция пытается оптимизировать использование ресурсов, а с другой — стремится избежать их перегрузки (японские выражения «мура» и «мури»).

Для этого имеется целый ряд специальных стандартов и инструментов, таких как система улучшения 5С, контрольные списки 7М и 3Му, а также список семи (или более) видов потерь, которые используются в анализе и процессе оптимизации.

В конечном счете даже система производства ЛТ возникла из «бережливого производства» (ЛТ = «точно вовремя»).

Анализ и контроль выполнения действий, которые были начаты в рамках таких процессов, — важные компоненты стабильной реализации и долгосрочного успеха. Чтобы мотивировать участников, можно в видных местах на производстве разместить графическое представление их достижений. Необходимо правильно определить измеримые критерии: например, количество претензий, тенденции продаж, затраты на разработку, прогулы, несчастные случаи и т. д.

Хотя между лабораторией и производством существуют значительные различия, которые нужно внимательно анализировать, некоторые аспекты бережливого производства можно перенести и в лабораторные условия. Задача состоит в том, чтобы оптимизировать производительность и эффективность и одновременно сократить все операции, которые не создают ценности. Пропускная способность должна вырасти, а брак — снизиться. Таким образом, задача бережливого производства — делать больше с меньшими затратами, т. е. снизить затраты при растущих потребностях как к качеству, так и к производительности.

Таких целей в реальности можно достичь только путем внедрения правил, которые помогают оптимизировать, упрощать, стандартизировать и четко отображать процессы.

Кайдзен — путь к бережливым системам

Концепция бережливого производства не предполагает, что все оптимизирующие меры будут реализованы сразу и с первой попытки. Цель Кайдзен — непрерывное совершенствование. Маленькие шаги помогают преодолеть все препятствия.

В большинстве случаев подход Кайдзен может быть реализован с очень небольшими расходами, а то и вовсе без них. Кайдзен самофинансируется за счет экономии средств.

Термин «Кайдзен» происходит из японского языка и означает «улучшение, исправление». «Кай» означает «возобновление, изменение», «дзен» — «хорошее».

Процесс проходит через пять шагов, которые можно изобразить в виде круга. Ради непрерывного улучшения круг можно проходить снова и снова. Эти пять шагов часто сокращенно обозначают «5S», так как с этой буквы начинаются их японские названия.



Рис. 2. Символы Кайдзен. «Кай» означает «возобновление», «дзен» — «хорошее»

Seiri → Устраняйте ненужное из рабочей зоны. Этот шаг также называют сортировкой.

Seiton → Приведите в порядок то, что осталось после этапа Seiri. Суть этого шага хорошо отражает поговорка «всему свое место и время».

Seiso → Содержите свое рабочее место в чистоте и порядке.

Этап Seiso помогает сразу замечать неисправности оборудования. Seiketsu → Сделайте соблюдение чистоты и порядка частью своих обязанностей.

В более широком смысле этот этап направлен на создание стандартов и внедрение практики Кайдзен в повседневную работу.

Shitsuke → Превратите все пять шагов в привычку. Самодостаточность процесса Кайдзен — его основное требование — обеспечивается на этапе Shitsuke.



Рис. 3. Круг Кайдзен

- *Seiri*

Эффективные системы — это простые системы. В них можно сразу найти то, что нужно. Если разобрать рабочие материалы и отметить среди них ненужные или менее важные, то рабочее место станет компактнее, расстояния станут короче, а уборка упростится. Таким образом, процесс кайдзен начинается с освобождения рабочего места от ненужных предметов (приборов, инструментов, посуды, химических веществ, реагентов и т. д.).

Для этого придется с ними расстаться. Часто сотрудники привыкают к определенным инструментам или другим предметам на рабочем месте, даже если они не нужны. Эти вещи отправляют на склад, пока сотрудники не убедятся, что могут обойтись без них. Если эти инструменты или материалы позже все-таки потребуются, их можно вернуть или приобрести снова.

Более крупные предметы (мебель, приборы и т. д.), которые предназначены для утилизации, маркируют специальной этикеткой, с помощью которой сотрудники могут либо сообщить о своих по-

требностях, либо прекратить утилизацию. Этот простой способ прямого общения особенно хорошо подходит для крупных организаций.

- *Seiton*

Инструменты и материалы, признанные необходимыми, аккуратно располагают на рабочем месте так, что любую вещь можно легко найти. Аналитические приборы, лабораторные стаканы, перчатки, пипетки, пробирки, сетевые кабели, химические вещества, деионизованная вода и т. д. — все должно иметь свое место. Самое главное — все элементы должны быть расположены в порядке выполнения рабочего процесса. Для достижения целей кайдзен очень важно после каждого применения возвращать вещь на то же место (см. также главу *Seiso*). Таким образом повторяющиеся рабочие процессы сохраняют свою эффективность. Кроме того, можно быстро определить, чего не хватает.

На производстве область, зарезервированную под прибор, как правило, маркируют желтыми линиями на полу или на рабочем столе. Эту процедуру все чаще применяют и в лабораториях, чтобы указать правильное положение компонентов на лабораторном столе. Поначалу такие меры могут показаться излишними. Однако в результате все инструменты четко упорядочены, и показатели эффективности заметно возрастают.

Для реализации принципа *Seiton* необходимо применять компактные и эргономичные лабораторные приборы, которые упрощают рабочий процесс. Их конструкция помогает рационально организовать рабочее место. Например, все принадлежности для титрования находятся в непосредственной близости от прибора, включая:

- стенд для титрования и мешалку;
- бюретки;
- блок для промывки (ручной или автоматический);
- систему *Solvent Manager* (насосов для растворителя и отходов).

- *Seiso*

Порядок, достигнутый за счет предыдущих этапов, нужно «только» надлежащим образом поддерживать. Однако, чтобы приспособиться к правилам Кайдзен, нужно развить в себе привычку.

Без убежденных, мотивированных и соответствующим образом обученных сотрудников ничего не выйдет.

Четкое расположение компонентов системы позволяет быстро и точно определять проблемы, которые затем своевременно решаются.

- *Seiketsu*

Этап Seiketsu устанавливает стандарты. Он выполняется после того, как были реализованы первые три шага системы “5S”, и стандартизирует передовые методики. Чтобы улучшения стали постоянными, на этом этапе поддержание новой системы должно стать частью обязанностей каждого сотрудника. Персонал должен поддерживать чистоту и порядок на своих рабочих местах и на всем производстве, что поможет достичь выдающихся показателей эффективности. Seiketsu – это еще и профилактика. Этот шаг предотвращает:

- накопление ненужных вещей;
- сбои в процедурах и процессах;
- загрязнение приборов, ошибки при калибровке и выход оборудования из строя;
- износ оборудования.

Благодаря унифицированным процессам, применяемым во всей компании, сотрудники быстро адаптируются к любой рабочей станции, а расходы на обучение сокращаются.

- *Shitsuke*

Все изменения и улучшения должны стать стабильными. Надлежащее выполнение установленных процедур и работа в соответствии с новым порядком должны войти в привычку. При реализации этого этапа нередко возникают трудности, поскольку он требует изменения поведения и постоянной мотивации.

Чтобы сделать систему “5S” частью культуры производства, можно использовать такие инструменты, как знаки, плакаты, периодические обзоры эффективности.

Как избежать потерь

Этапы, которые образуют круг “5S”, можно проходить несколько раз, обеспечивая постоянное совершенствование процессов (см. рис. 2). Чтобы теоретические принципы “5S” можно было реа-

лизовать на практике, были созданы рекомендации для повседневной работы. Одна из таких рекомендаций определяет подход к устранению потерь.

Без сокращения потерь повышение эффективности в бережливом производстве невозможно. В концепции бережливого производства выделяется несколько типов потерь, которых следует избегать. Восемь из них кратко описаны ниже.

1. Брак. Дефектная продукция требует затрат на ее исправление или превращается в отходы (сбой процесса). Кроме того, прерванный процесс приходится перезапускать (незавершенность процесса).

2. Перепроизводство. Все продукты и услуги, создаваемые с опережением потребностей клиентов. Чрезмерное производство расходует рабочую силу и финансовые ресурсы.

В результате востребованные продукты произвести уже невозможно.

3. Ожидание. Простои в процессах, отсутствующие материалы, неисправные или непригодные рабочие инструменты и т. д. связывают ресурсы и не дают использовать их для создания ценности.

4. Неиспользованный потенциал. Идеи участников процесса, не использованные для улучшения технологии работы, тоже представляют собой потери.

5. Транспортировка. Перемещение материалов без необходимости не приносит прямой прибыли, однако требует ресурсов.

6. Запасы. Буферные запасы на производстве могут скрывать слабые места. Как и перепроизводство, они мешают эффективному использованию финансов и рабочих мощностей, а также вызывают расходы на обработку, не создающие ценности. Однако такие запасы могут понадобиться, чтобы компания могла быстро доставить товар и выполнить заказ.

7. Передвижение. Излишнее перемещение людей или оборудования.

8. Излишняя обработка. Из-за просчетов на этапе разработки, несоответствующих ресурсов, непригодных систем и т. п. процессами, как правило, становится трудно управлять. Это приводит к возникновению ошибок, снижению гибкости, сбоям при обработке и непродуктивным задержкам.

Таблица 1.

**DOWNTIME (ПРОСТОИ): мнемоническое правило для запоминания
восьми типов потерь [13]**

D	Брак (Defects)
O	Перепроизводство (Over-production)
W	Ожидание (Waiting)
N	Непривлечение сотрудников (Not engaging all employees)
T	Транспортировка (Transportation)
I	Запасы (Inventory)
M	Передвижение (Motion)
E	Излишняя обработка (Extra-processing)

Самопроверка

В главе описаны девять шагов, направленные на реализацию принципов бережливой лаборатории. Каждый подраздел включает в себя от трех до пяти вопросов для оценки текущей ситуации в лаборатории.

ДЕВЯТЬ ШАГОВ К БЕРЕЖЛИВОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Организация — чем проще, тем лучше

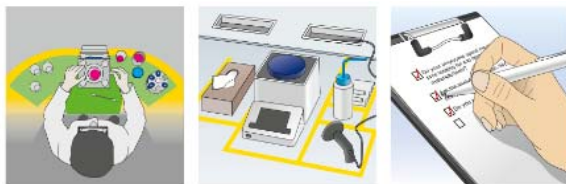


Рис. 4. Принципы бережливой лаборатории

Могут ли ваши сотрудники быстро и легко
взять нужные инструменты?

ДА

НЕТ

Содержатся ли рабочие места в чистоте, со-
ответствуют ли они поставленным задачам?

ДА

НЕТ

Упорядочены ли общие лабораторные инст-
рументы и легко ли их найти?

ДА

НЕТ

Проводите ли вы аудит этих условий на ре-
гулярной основе?

ДА

НЕТ

• Сложные процессы

Следующий вид потерь, выделяемый в бережливом произ-
водстве, — «сложные процессы» — характеризует недостаточное
взаимодействие между производством и отделом разработок. Отдел
разработок должен убедиться, что процесс отвечает существующим
возможностям производства. В противном случае процесс становит-
ся «нереализуемым» на практике.

При переносе в лабораторию разработчики метода должны
учитывать варианты, возможности и ресурсы, которые существуют
на более позднем этапе анализа. Например, методы, выполняемые на
производстве около технологической линии, должны учитывать
профессиональную подготовку и опыт операторов.

Разработчик метода может предложить автоматизацию анализа, которая сократит вмешательство оператора, улучшит безопасность и воспроизводимость.

В последние несколько лет компании-производители оборудования следят за этой сложной проблемой и уделяют особое внимание простым операциям и «легким» процессам.

Массовая унификация элементов управления, стандартные сенсорные экраны со стандартными принципами управления пользователями, безопасность данных, процедуры настройки метода и т. д. ускоряют обучение операторов и упрощают выполнение различных анализов: титрования, измерения плотности, рефрактометрии, определения точки плавления, каплепадения, измерения pH или спектрофотометрии. Именно такие анализы, как правило, проводятся в лабораториях контроля качества.

Программное обеспечение, установленное на приборах и весах, используется для сложных аналитических задач и также стандартизировано. В результате процессы существенно упрощаются, а обучение операторов занимает меньше времени. Общее программное обеспечение для нескольких лабораторных приборов поддерживает концепцию бережливой лаборатории. Оно также помогает управлять оборудованием на всех этапах его жизненного цикла: при проектировании, аттестации, монтаже, интеграции, проверке, техническом обслуживании, модернизации и выводе из эксплуатации.

В упрощении процессов полезны даже небольшие инструменты, например:

- сканер штрихкодов для автоматического ввода идентификатора образца и определения метода анализа.

- сканер отпечатков пальцев для входа в систему.

В таком случае не нужно тратить силы на набор, редактирование и сохранение (запоминание) паролей, и безопасность повышается.

- датчик для автоматического открывания дверей защитного кожуха или запуска измерений без контакта с прибором.

- использование службы active directory, в которой применяется технология единого входа, и т. д.

Интеграция ПО в вышестоящую систему помогает автоматизировать и защитить от ошибок процессы переноса данных, такие как запросы анализов и передача результатов.

Использование единого программного обеспечения для подключения различных лабораторных приборов и связи с ERP или LIMS значительно упрощает работу. Оно также существенно сокращает затраты на проверку, техническое обслуживание (например, при обновлении операционной системы) и первичное внедрение.

Советы по оптимизации

- 1) Избавьтесь от неаккуратности!
- 2) Осмотрите все полки и ящики.
- 3) Начните программу 5С. Все должно быть на своем месте!
- 4) Система 5С распространяется и данные на жестких дисках (ИТ).
- 5) Все ли приведено в порядок? Порядок не может возникнуть сам по себе, нужно обязательно проводить регулярный аудит!
- 6) Назначьте ответственного за каждую область.

Картирование потока создания ценности и минимизация перепроизводства

Все ли в лаборатории знают, из каких этапов состоит каждый процесс? Установлены ли целевые сроки для стандартных анализов?

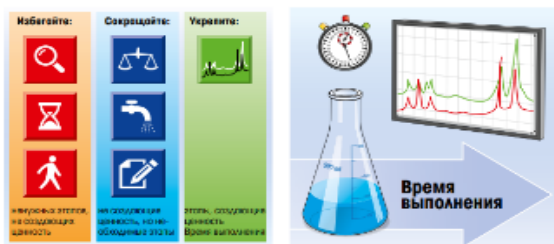


Рис. 5. Контрольная карта

Измеряется ли время выполнения работ?	<input type="checkbox"/> ДА	<input type="checkbox"/> НЕТ
Знаете ли вы, какую долю в рабочем процессе занимают не создающие ценность, но необходимые этапы?	<input type="checkbox"/> ДА	<input type="checkbox"/> НЕТ
Знаете ли вы, какую долю в рабочем процессе занимают ненужные этапы, не создающие ценность?	<input type="checkbox"/> ДА	<input type="checkbox"/> НЕТ
Знаете ли вы, какую долю в рабочем процессе занимают этапы, создающие ценность?	<input type="checkbox"/> ДА	<input type="checkbox"/> НЕТ

- *Остатки.*

Остатки — вид потерь при перепроизводстве, присущий лабораториям. Приобретение и утилизация химических веществ, таких как реактивы, растворители, буферы и т. д., обходятся дорого. Это постоянная «головная боль», которую нужно свести к минимуму в целях сокращения расходов, а также повышения ценности за счет безопасности, экологичности и экономии трудозатрат оператора.

В качестве примера рассмотрим титрование.

Потребление химических веществ (титранта, реактивов, растворителей) можно регулировать, меняя количество образца. Масса образца, использование титранта и воспроизводимость (точность) тесно связаны друг с другом. Благодаря точной дозировке и оценке результатов можно сократить объем применяемых химических веществ так, чтобы по-прежнему получать необходимую точность. Кроме того, малый размер образца ускоряет титрование, оптимизируя время измерения и повышая эффективность.

Точность можно повысить, если использовать оптимальное дозирование в бюретки от 30 до 90 % от номинального объема. Экономия каждый раз даже небольшое количество, можно со временем достигнуть заметных результатов.

Стандартная автоматическая очистка после титрования, индикаторы уровня на контейнерах или баках для отходов и предвари-

тельное уведомление в случае ошибок и сбоев во время анализа серии образцов помогают минимизировать расход растворителя.

- *Избыточное тестирование*

Избыточность при тестировании проявляется в измерении слишком многих параметров, тестировании слишком большого числа образцов или ненужных повторах анализа. Такие «лишние проверки» считаются потерями. Они могут быть обусловлены рядом причин:

- Руководители лабораторий могут неверно оценить технические возможности и ввести процедуры, которые на самом деле не нужны;

- Операторы могут не доверять результатам и снова повторять тесты;

- Клиенты просят проводить дополнительное тестирование, чтобы быть уверенными в качестве поставляемых товаров.

Правильно заданные стандартные рабочие процедуры, подготовка операторов и согласованный протокол испытаний — вот факторы, которые устраняют избыточное тестирование и помогают реализовать бережливую лабораторию.

Если излишние тестирования стали частью работы, стоимость товаров и услуг может повыситься из-за организационных и экономических проблем.

Советы по оптимизации

- 1) Рассчитайте стандартные сроки для стандартных анализов.
- 2) Измерьте время выполнения.
- 3) Определите, какие этапы создают ценность, за которую готов платить клиент.
- 4) Наймите помощников или внешние компании для вспомогательных операций (таких как мытье посуды, создание растворов для промывки и т. д.).

Рабочая нагрузка — сокращение времени ожидания



Рис. 6. Оптимизация временных затрат

Равномерно ли распределена нагрузка в течение дня и недели?

ДА

НЕТ

Существует ли отдельная процедура для срочных заданий?

ДА

НЕТ

Согласована ли ваша рабочая нагрузка с предыдущей фазой (производством) и синхронизированы ли сроки?

ДА

НЕТ

Соблюдаются ли согласованные сроки?

ДА

НЕТ

Задача отдела закупок – разработать оптимизированный график приобретения химических веществ, приборов, оборудования и других материалов, чтобы время ожидания сократилось до минимума. Однако за своевременный заказ на поставку и создание запаса важных химических веществ, реагентов и растворителей несет ответственность лаборатория.

Неожиданных осложнений можно избегать, например, путем непрерывного отслеживания расхода реактивов. В процессе титрования уровни титранта, растворителей, отходов и т. д. можно автоматически проверять с помощью индикаторов уровня. Такие индикаторы могут генерировать соответствующее предупреждающее сообщение, которое станет основанием для своевременного пополнения или изменения или закупки материалов. Кроме того, в методах титраторов предусмотрен учет общего дозируемого объема, что по-

звolyет определять расход химического вещества. При превышении определенного предела выдается предупреждение.

Время ожидания для оборудования можно снизить за счет автоматизации лаборатории. Автоподатчики, измерения сразу нескольких параметров, а также автоматическая передача данных могут избавить лаборанта от необходимости ждать рядом с прибором до тех пор, пока не появится результат.

Однако как же узнать, что партия готова? Как узнать, что в серии измерений возникла проблема и требуется вмешательство лаборанта?

Эту задачу можно решить с помощью соответствующего программного обеспечения. Сетевое программное обеспечение позволяет отслеживать измерения даже с рабочей станции в другом офисе. Используя функцию уведомления, программное обеспечение может посылать данные результата или предупреждающее сообщение по электронной почте или в SMS. При правильной установке измерения можно отслеживать даже на смартфоне.

Программное обеспечение также помогает в планировании выполнения анализов. За это отвечают «планировщики» (инструменты для управления задачами). В запланированном анализе отдельные образцы размещаются на надлежащих приборах (титраторе, плотномере, рефрактометре, приборе для измерения точки плавления, спектрофотометре и т. д.) в соответствии с приоритетами и возможностями.

Затем лаборанты проводят анализы. Планирование задач с учетом требований к анализу может внести значительный вклад в повышение эффективности, поскольку один или несколько анализов образца выполняются в соответствующее время.

Советы по оптимизации

- 1) Установите часы работы лаборатории, например, с 6 утра до 6 вечера.
- 2) Синхронизируйте нагрузку с предыдущей фазой.
- 3) Создайте условия для выполнения срочных анализов.
- 4) Назначьте сотрудника, который будет распределять образцы в соответствии с текущей занятостью и срочностью.

- 5) Соблюдайте план рабочего процесса для ВЭЖХ и ГХ.
 6) Оптимизируйте время переналадки (например, для ВЭЖХ или ГХ).

Лабораторный рабочий процесс – сокращение расстояний

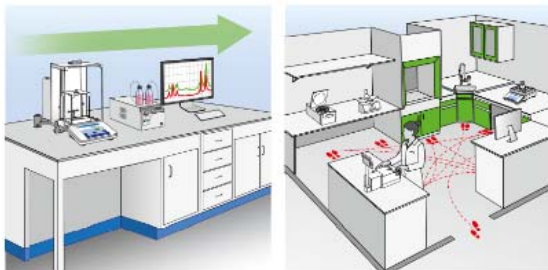


Рис. 7. Оптимизация расстояний

Расположено ли аналитическое оборудование в логической последовательности?

ДА

НЕТ

Расположено ли аналитическое оборудование в соответствии с используемой технологией?

ДА

НЕТ

Насколько близко друг от друга расположены отдельные этапы в технологическом процессе?

ДА

НЕТ

Проходит ли поток образцов через лабораторию беспрепятственно?

ДА

НЕТ

• *Передвижение*

Потери из-за передвижений связаны с перемещением людей, тогда как потери из-за транспортировки относятся к перемещению продуктов и материалов. Типичные примеры таких потерь – это перемещения сотрудников, которые вынуждены постоянно подходить к шкафам, принтерам, копирам и другим машинам, а также искать оборудование, инструменты или информацию. Эти перемещения не создают никакой ценности, а потому относятся к потерям.

С одной стороны, продуманная планировка офиса и лаборатории позволяет минимизировать потери, связанные с перемещениями. Однако часто на практике бывает трудно реализовать такой подход из-за ограниченного пространства лаборатории, конструкции здания, требований к установке и так далее.

Другой подход основан на поисках причины перемещений. Например, принципы безбумажной работы в лаборатории устраняют необходимость подходить к принтерам или шкафам. Программное обеспечение собирает и хранит на сервере все данные измерений и результаты аналитических приборов. Открыть их можно с любого компьютера в сети. В этом случае не требуется ни принтер, ни копировальный аппарат. Следовательно, перемещения больше не нужны. Такой подход дает дополнительные преимущества. Он устраняет необходимость в шкафах с документами, экономит бумагу, упрощает процесс архивации и, возможно, сокращает и другие потери.

- *Транспортировка и большие расстояния*

Данный вид потерь в лабораторных условиях предполагает ненужные передвижения для забора образцов и инструментов, а также сбора материалов из разных мест. Инструменты, посуду, аналитические приборы, принадлежности, распечатки стандартных процедур, инструкции, химические вещества можно расположить в одном удобном месте, чтобы минимизировать передвижение лаборантов и операторов.

Проблема перемещения сотрудников, обусловленного поиском инструментов или материалов, обсуждается в разделе о перемещениях.

У нее может быть техническое решение: достаточно создать соответствующие рабочие места в специально предназначенных зонах лаборатории. На самом рабочем месте должны располагаться только те инструменты, приспособления и материалы, которые необходимы для выполнения определенных задач. Тогда операторы смогут быстро найти необходимые материалы, а также поддерживать на месте четкий порядок. Не нужно искать, далеко ходить и отвлекаться.

Оптимизация потока образцов также помогает сократить расстояние транспортировки. Например, ряд анализов, через кото-

рые образец должен пройти, можно проводить на соседних рабочих местах. Все чаще процедуры анализа группируют и объединяют таким образом, что на одной стадии обработки можно последовательно или параллельно определять несколько параметров.

Еще больше оптимизирует систему автоподатчик образцов, который обеспечивает многопараметрический анализ нескольких образцов подряд. Автоматическая передача результатов анализа по сетевому кабелю помогает сократить большие расстояния.

Кроме того, набирает популярность организация рабочих мест рядом с линиями. Анализы проводятся в непосредственной близости от технологической линии – то есть там, где формируется образец, а результаты в электронном виде (например, по сети) передаются в следующий модуль обработки.



Рис. 8. Типичная рабочая станция в бережливой лаборатории. Желтая маркировка на лабораторном столе показывает точное расположение всех инструментов и материалов. Благодаря хорошей организации и стандартизации даже сотрудники с других участков могут быстро найти все необходимое.

Советы по оптимизации

- 1) Оптимизируйте маршруты.
- 2) Размещайте аналитическое оборудование согласно используемой технологии или в отдельных модулях. Возможно, потребуются изменить схему лаборатории.
- 3) При организации новой лаборатории не упустите уникальную возможность применить принципы бережливого производства.
- 4) Убедитесь, что образцы проходят через лабораторию беспрепятственно.

Организация работы – предотвращение ошибок

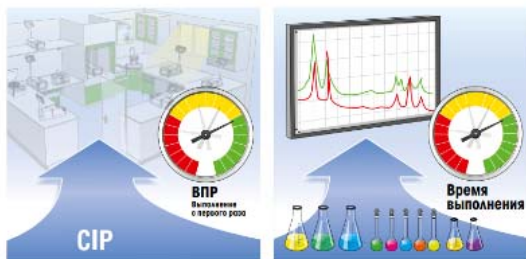


Рис. 9. Выполнение анализа с первого раза

Отслеживаются ли такие важные показатели, как несоответствие техническим требованиям, выполнение с первого раза и т. д.?

Используются ли они для оптимизации процессов?

ДА

НЕТ

Проводится ли анализ и визуализация показателей с добавлением их в отчет?

ДА

НЕТ

Можете ли вы отчитаться о производительности лаборатории без дополнительной подготовки?

ДА

НЕТ

Эффективно ли управление имеющимися ресурсами лаборатории?

ДА

НЕТ

Контроль качества произведенной продукции играет важную роль, поэтому необходимо избегать ошибок в лаборатории. Ошибка на производстве делает товары непригодными. Ошибка в лаборатории может привести к неправильным решениям: непригодный продукт может быть признан годным и наоборот. Таким образом, ошибки в лаборатории могут повлечь значительные финансовые потери. Это прямые расходы на компенсации претензий и косвенные расходы, связанные с бесплатными заменами, потерей репутации и прочими проблемами.

Неверные количественные результаты могут привести к перерасходу дорогих материалов, что повышает производственные затраты. Недостаточная дозировка может сделать товар неэффективным или неисправным либо может противоречить нормативным требованиям. Поэтому нужно убедиться в том, что лабораторные измерения достоверны и надлежащим образом задокументированы. Если полученные результаты анализа не отвечают техническим требованиям, необходимо немедленно провести расследование.

Часто ошибки вызваны не только некачественными измерениями. Проблемы могут возникать даже при передаче измеренных значений (например, результатов взвешивания). Также необходимо исключить систематические ошибки при переписывании названий и номеров образцов.

Сбой при регистрации данных можно устранить с помощью нескольких устройств. Например, к титратору можно подключить весы или использовать RFID-метки SmartSample на лабораторных стаканах, чтобы передавать вес образца и его идентификатор в электронном виде. Штрихкоды SmartCodes автоматически назначают правильные методы для отдельных образцов.

Для безопасного документирования результатов измерений все устройства можно подключить к принтеру. В качестве альтернативы данные можно собирать в электронном виде с помощью лабораторного программного обеспечения. Архив результатов создается в электронном формате, что избавляет от ненужных перемещений и экономит время.

Аналогичным образом результаты можно передавать дальше по производственной цепочке.

Советы по оптимизации

- 1) Измеряйте ключевые показатели эффективности (KPI).
- 2) Время – один из вероятных KPI.
- 3) Другой показатель – процент операций, выполненных правильно с первого раза.
- 4) Визуализируйте ключевые показатели эффективности.
- 5) Регулярно обсуждайте ключевые показатели эффективности с сотрудниками.

Оборудование – устранение дефектов

Находится ли важнейшее оборудование лаборатории в оптимальном состоянии?	<input type="checkbox"/> ДА	<input type="checkbox"/> НЕТ
Соответствуют ли имеющиеся мощности и технологии поставленным задачам?	<input type="checkbox"/> ДА	<input type="checkbox"/> НЕТ
Эффективно ли выполняется калибровка и аттестация ключевого оборудования?	<input type="checkbox"/> ДА	<input type="checkbox"/> НЕТ
Хорошо ли организовано управление запасными частями и ответственными компонентами?	<input type="checkbox"/> ДА	<input type="checkbox"/> НЕТ
Достаточны ли знания и опыт персонала для работы с приборами?	<input type="checkbox"/> ДА	<input type="checkbox"/> НЕТ

• Погрешность измерения

В любых мероприятиях по оптимизации важно контролировать, чтобы точность результатов измерений находилась в пределах заданного диапазона. Погрешность измерения можно рассчитать теоретически до эксперимента.



Рис. 10. Погрешность измерения – одна из трех основ для надежных результатов измерений в системе управления качеством

Расчет погрешности измерений дает доверительный интервал для результатов. Предприятия, работающие в регулируемых об-

ластях, должны доказывать и документировать способность определить погрешности измерений (ISO 17025).

Для достижения надежных результатов измерений (с определенной погрешностью) необходимы следующие условия:

- правильная эксплуатация приборов, использование проверенных методов;
- сертификация приборов с помощью прослеживаемых эталонных материалов;
- инструменты, с которыми сотрудники умеют работать;
- хорошо обученный и подготовленный персонал.

Таким образом, оценка доверительного интервала позволяет задним числом сделать выводы о состоянии системы управления качеством лаборатории. Другие примеры, которые в этом документе подробно не рассматриваются:

- автоматическая проверка результатов с помощью проверок технической осуществимости или уровня допуска;
- статистический контроль качества для долгосрочного отслеживания результатов и раннего выявления тенденций;
- безопасность при проведении анализа: самоуправляемые автоматизированные системы – проверки характеристик датчиков рН, автоматическая калибровка и уведомление об ошибках.

• *Устранение ошибок устройств, контроль оборудования*

Каждая сертифицированная лаборатория, в которой действует контроль качества, должна использовать систему мониторинга испытательного оборудования, которая включает регулярное техническое обслуживание лабораторных приборов.

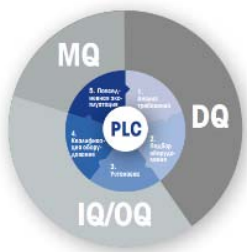


Рис. 11. Услуги для аналитические приборы

Советы по оптимизации

- 1) Регулярно проводите техническое обслуживание оборудования. Устраните или уменьшите риск внезапной поломки!
- 2) Убедитесь, что все необходимые принадлежности хранятся в удобном месте.
- 3) По возможности автоматизируйте существующие системы (например, используйте автоподатчик и быструю передачу данных).
- 4) Сократите источники загрязнений (например, водяные бани).
- 5) Строго контролируйте износ и устаревание оборудования.

Навыки персонала лаборатории – высвобождение нереализованного потенциала

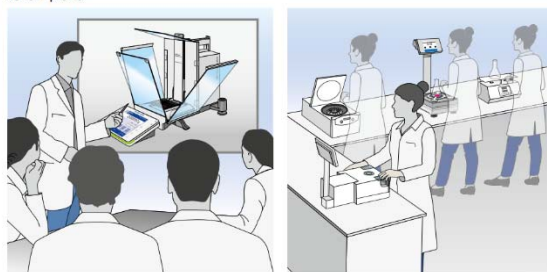


Рис. 12. Навыки персонала лаборатории

Есть ли у вас сводные данные о квалификации персонала?

ДА

НЕТ

Достаточно ли гибко организована занятость персонала?

ДА

НЕТ

Достаточно ли времени и денег тратится на подготовку персонала?

ДА

НЕТ

• *Неиспользованный потенциал*

Раскрытие неиспользованного потенциала сотрудников – это сложная социальная, экономическая и человеческая проблема, которую невозможно решить одними лишь техническими методами.

Советы по оптимизации

- 1) Создавайте матрицы навыков, которые включают не только ответы «да/нет», но и сведения об уровне квалификации каждого сотрудника.
- 2) Определите, какие навыки необходимы для взаимозаменяемости операторов.
- 3) Выделите достаточно времени и денег на подготовку персонала.
- 4) Регулярно проводите аттестацию сотрудников, например, для проведения высокоэффективной жидкостной хроматографии.
- 5) Отслеживайте незапланированное отсутствие.

Химические вещества и вспомогательные материалы – управление запасами



Рис. 13. Система закупки вспомогательных материалов

Заказываете ли вы лабораторные химические вещества и другие материалы систематически, быстро и без больших затрат?

ДА

НЕТ

Проверяются ли систематически сроки годности лабораторных химических веществ и реактивов?

ДА

НЕТ

Эффективно ли организовано управление запасами реактивов и расходных материалов?

ДА

НЕТ

• Запасы

Потери, связанные с запасами в лаборатории, как правило, обусловлены:

- Избыточными запасами химических веществ;
- Хранением химических веществ с истекшим сроком годности;
- Хранением устаревшего оборудования.

Сюда же относятся различные носители данных – документы, файлы, отчеты, которые быстро накапливаются в лаборатории. Затем документы ждут дальнейшей обработки. Отправка результатов может задерживаться, а технические описания – устаревать. После сортировки и удаления ненужного управлять оставшимися материалами и данными становится намного проще и быстрее. На поиск

ки уходит гораздо меньше времени, и обработка информации происходит своевременно!

Потери, связанные с запасами, также могут быть связаны с закупкой лабораторного оборудования, весов и аналитических приборов. Неподходящее, малоэффективное оборудование не отвечает требованиям, и инвестиционные расходы не оправдывают себя. Пример: при определенных требованиях к погрешности могут понадобиться весы с более высокими рабочими характеристиками (т. е. воспроизводимостью, минимальным весом).

Подходящая методика измерения выбирается по ряду критериев: содержание воды в образце, требования к точности, приемлемая погрешность измерения, время выполнения анализа, совместимость с прошлыми данными, соответствие нормативам.

Исследование может проводиться с помощью галогенного анализатора влажности, волюметрического или кулонометрического титратора по методу Карла Фишера или с помощью аналитических весов по методу потери массы при высушивании. Применение неправильной методики приводит к потерям, связанным с запасами.

На востоке США гальваническая компания приобрела ионный хроматограф (ИХ) для определения никеля в электролитических ваннах. Такие ванны имеют очень высокую концентрацию никеля и матрицу образцов с высокой соленостью. Образцы требуют сложной подготовки, сам анализ занимает довольно много времени, и в итоге весь процесс усложняется. Другими словами метод ИХ был более восприимчив к ошибкам и, следовательно, требовал более тщательного подхода.

В качестве альтернативы компании было предложено комплексонометрическое титрование – надежный и проверенный метод, который очень легко автоматизировать. В конце концов компания смогла более чем в два раза сократить объем работ по контролю качества. Это обрадовало как операторов лаборатории, так и руководство.

Советы по оптимизации

- 1) Используйте соответствующую систему маркировки в лаборатории.
- 2) В управлении материалами используйте метод KANBAN

(см. стр.).

3) Избегайте чрезмерных запасов.

4) Уменьшайте количество используемых компонентов.

Непрерывный процесс совершенствования (СІР) – доверяйте своим сотрудникам

Используются ли для улучшения процесса систематические методы, такие как анализ потока создания ценности?

ДА

НЕТ

Достаточно ли сотрудники вовлечены в эти процессы?

ДА

НЕТ

Есть ли у вас специальные сотрудники, которые прошли обучение систематической оптимизации процессов?

ДА

НЕТ

Советы по оптимизации

1) Обучите персонал методам причинно-следственного анализа.

2) Мотивируйте сотрудников участвовать в процессах СІР/Кайдзен.

3) Измеряйте ход выполнения.

4) Не будьте к себе слишком строгими, хвалите себя!

Анализ контрольных вопросов и обратная связь

Подсчитайте количество вопросов, на которые вы ответили «Да», и подведите итоги.

1-15 «ДА»

Попробуйте внедрить принципы бережливости в вашей лаборатории. Двигайтесь небольшими шагами. Хорошим началом может стать использование метода “5S”. Назначьте руководителя проекта, который сможет посвящать этой задаче примерно 20–50% своего времени. Чтобы выявить области, более всего нуждающиеся в оптимизации, проведите анализы.

16-28 «ДА»

Вы на правильном пути, но некоторые области еще можно усовершенствовать. Возможно, придется уточнить вопрос о ресурсах и перераспределить приоритеты.

29-35 «ДА»

Поздравляем! Ваша лаборатория отвечает принципам бережливого производства. Не останавливайтесь! Очень важно проводить постоянные улучшения и поддерживать достигнутые результаты. Поделитесь опытом с коллегами. Результат вашей работы должен отразиться в показателях расходов, качества и времени выполнения работ.

РЕШЕНИЯ

Автоматизация

- *Упрощение и стандартизация*

В этом разделе описаны стандартные решения в лаборатории. Для повседневных анализов в процессе исследований и разработок, при контроле качества и в производственных лабораториях часто используются следующие приборы: весы, титраторы (в том числе Карла Фишера), плотномеры и рефрактометры для жидкостей, спектрофотометры и измерительные приборы для определения температуры плавления, каплепадения, pH, электропроводности, растворенного кислорода, а также ионоселективные электроды.

- *Автоматизация работы в лаборатории: не ставьте слишком много целей*

Стремление добиться максимальной автоматизации может привести к закупке лишнего и дорогого оборудования.

В 1990-е годы, когда идея автоматизации в лаборатории стала очень популярной, немецкая фармацевтическая компания решила установить лабораторного робота для параллельного определения всех параметров качества «большого» продукта.

«После долгой подготовительной фазы и первых пяти лет применения в повседневной практике пришли весьма отрезвляющие экономические показатели. Результаты действительно стали более качественными и получались быстрее, при этом требовалось меньшее число повторных испытаний. Однако ожидаемого большого снижения затрат не удалось достигнуть. Совсем наоборот».

Хотя за счет автоматизации можно было сократить число задействованных лаборантов, для обеспечения необходимой доступности сложной системы потребовались новые специалисты-инженеры. Из-за высоких капитальных затрат пришлось экономить на каждой партии.

Экономический баланс системы стал положительным только через десять лет и в основном потому, что инвестиции были списаны в убыток.

Автоподатчики образцов и модульные аналитические приборы стоят дешевле подобного оборудования. Их можно приобрести с

низким инвестиционным риском. Они оптимизированы для простых операций и очень быстро окупаются.

- *Интегрированный «моноблок» или модульная автоматизация*

Моноблочная автоматизированная система, которая выполняет различные этапы анализа, может показаться очень интересным решением. Но, как описано выше, такие системы сложны в обслуживании и ремонте. Сбой парализует всю систему.

Эффективная альтернатива – это точечная автоматизация посредством независимых компактных приборов, которые работают на универсальной платформе. Такая автоматизированная система меньше подвержена сбоям и простоям. Ее можно интегрировать в гибкую сеть, управляемую с помощью интеллектуального программного обеспечения для лабораторий.

Такой вариант также эффективнее с точки зрения расходов на приобретение, обслуживание и квалификацию. Вероятность того, что одновременно все приборы в этой сети выйдут из строя, значительно ниже, чем у высокоинтегрированной системы, чьи аппаратные компоненты взаимозависимы. Независимые заменяемые устройства позволяют избежать узких мест в работе лаборатории, нарушающих процедуру проверки образцов.

- *Стоимость автоматизации*

Период, по истечении которого инвестиции фактически окупаются (=ROI, возврат инвестиций), несложно оценить приблизительно. При расчете срока окупаемости вычисляют период времени, необходимый для компенсации затрат на покупку системы с учетом полученной экономии и сокращения различных расходов (например, экономное использование химических веществ, утилизация отходов и т. д.). Экономии вычисляют за год. Затем затраты на приобретение делят на годовую экономию, чтобы получить срок окупаемости.

В зависимости от пропускной способности лаборатории, степени автоматизации и экономии затрат на рабочую силу период окупаемости систем титрования составляет, как правило, от одного-двух до нескольких месяцев.

Целостность данных

• *Регистрация данных*

В лабораторной среде целостность данных означает следующее:

- аналитические результаты регистрируются точно и последовательно;
- отчеты корректно передаются в вышестоящие инстанции, а также сдаются в архив;
- результаты и отчеты постоянно и надежно архивируются.

Целостные данные могут позже пригодиться для различных целей, например, для аудита или в качестве доказательства в случае происшествия.

В экологии к целостности данных предъявляются особо строгие требования. Для их выполнения нужно прилагать очень большие усилия. Измерения образцов должны проводиться правильно. Автоматические лабораторные приборы должны давать хорошо воспроизводимые результаты и распечатывать протоколы, подтверждающие целостность и достоверность данных. Однако регистрацию этих результатов многие лаборатории до сих пор выполняют вручную. Этот процесс отнимает много времени и часто сопровождается ошибками.

Историй об ошибках при регистрации данных много. Часто можно услышать: «В нашей лаборатории нужно 10 минут на то, чтобы зарегистрировать значение pH, и 60 минут, чтобы записать результат в систему LIMS или ERP» или «Переписывание данных вручную занимает 40 % рабочего времени лаборанта». Кроме того, нередко сообщается о высоких расходах из-за негодных партий, повторных переработках и увольнении сотрудников из-за неправильной обработки ошибок.

Ручная регистрация данных обходится дорого и больше не удовлетворяет современным требованиям, поскольку есть более эффективные и доступные решения. Принципы бережливой лаборатории открывают большой потенциал для оптимизации этого процесса. Подключение аналитических приборов и измерительных устройств к системам LIMS или ERP устраняет ошибки при переносе

данных и, пожалуй, эффективнее, чем любое другое средство, уменьшает нагрузку на операторов.

Поток данных во многих лабораториях выглядит следующим образом: аналитический прибор получает результаты. Данные распечатываются на бумажных носителях. Цифры из этих записей переносятся отчеты. Отчеты дважды проверяют на наличие ошибок и, возможно, результаты пересчитывают для перепроверки их достоверности. Некоторые записи проверяет еще один человек («принцип четырех глаз»). Отчеты также могут быть занесены в систему LIMS или ERP. Бумажные записи хранятся некоторое время, а затем сканируются и хранятся в формате PDF на сервере до 50 лет.

Современные решения для работы с потоком данных обеспечивают автоматизированную, безопасную и быструю передачу данных. Они могут внести существенный вклад в систему бережливой лаборатории.



Рис. 14. Процесс обработки данных в лаборатории. Зеленый цвет: современное решение. Синий: традиционное решение

- *Автоматическая передача данных*

Чтобы данные автоматически передавались с прибора в систему LIMS или ERP, необходимо установить соответствующее программное обеспечение. Автоматическая передача должна исключить ошибки и учитывать возможность проверки. Это серьезная процедура, которая требует ресурсов ИТ-отдела. Также необходимо провести интенсивные испытания. Следовательно, этот процесс является довольно дорогим.

Если одна ошибка при переносе может испортить один результат и, возможно, одну партию, то систематическая ошибка в связанных данных может привести к гораздо более серьезным последствиям – уничтожить всю базу данных. Вот почему каждый па-

кет программного обеспечения проходит тщательное тестирование перед подключением к ERP.

Лаборатория использует множество различных приборов. Даже в современной лаборатории некоторые приборы работают без программного обеспечения или же используют пакеты, которые требуют действий оператора. Однако сотрудники лаборатории были бы рады подключить их к компьютеру, чтобы упростить управление ими и сбор данных. Лаборатория может насчитывать до 50 приборов. Это создает гигантскую нагрузку на ИТ-отдел, которому нужно проводить первоначальную установку и проверку, а также последующие обновления. Все обновления программного обеспечения необходимо оценивать с точки зрения рисков. В худшем случае приходится повторно проверять всю установку.

- *Упрощение установки*

Поставщики программного обеспечения предлагают решения для интеграции данных.

ПО собирает данные со всех приборов и автоматически передает их в LIMS или ERP. Это специальное программное обеспечение, разработанное и внедряемое в рамках клиентских проектов. Клиент должен поддерживать только один пакет программного обеспечения, что выглядит просто.

На самом деле такого рода проекты требуют больших ресурсов. Клиент должен точно определить требования, а компания-разработчик программного обеспечения должна их реализовать. Программисты должны хорошо разбираться во всех аналитических методах и воссоздать их алгоритмы. Необходимо связаться со всеми поставщиками приборов, чтобы получить протоколы передачи данных. Такая подготовка нужна для всех версий ПО, так как любое изменение должно быть отражено в новых протоколах. Множество тестирующих должны проверить каждый релиз и каждый метод на предмет достоверности результатов. Объем работ требует больших вложений.

Но есть и готовые решения. Как правило, они лучше протестированы, стоят дешевле и несут более низкие риски. Для хроматографии существует ряд программных решений, которые подходят для большинства специализированных приборов на рынке. Они на-

писаны специалистами по хроматографии. Было бы разумно объединить все задачи хроматографии в один из таких пакетов. Это также значительно уменьшает объем работ. Как правило, треть приборов в современной лаборатории предназначены для хроматографии.

Большинство лабораторий также используют весы, титраторы, рН-метры, рефрактометры, приборы для измерения электропроводности, растворенного кислорода, плотности и температуры плавления. Эта группа приборов составляет еще одну треть всего лабораторного оборудования. Также часто применяются спектрофотометры.

Программное обеспечение способно подключить все эти приборы к системе LIMS или ERP. Все его выпуски хорошо протестированы, и это доступное готовое решение.

Передача данных осуществляется либо через API, либо в формате CSV или XML*. Многие ИТ-специалисты не разрешают обмен данными через API. Однако программное обеспечение ERP часто имеет XML-интерфейсы передачи данных, что упрощает настройку этого процесса.

Надлежащая практика измерений

Руководства по взвешиванию, титрованию и прочим аналитическим методам, разработанные МЕТТЛЕР ТОЛЕДО и основанные на анализе рисков, помогают избежать ошибок в важных решениях. Пять шагов надлежащей практики измерений охватывают весь жизненный цикл приборов и предоставляют практические рекомендации по внедрению эффективной системы управления качеством.

1. Анализ требований (Evaluation)

Проанализируйте организацию процесса и связанные с ним критерии, чтобы собрать качественные данные об области применения.

2. Подбор оборудования (Selection)

* API = интерфейс программирования приложений

CSV = значения, разделенные запятыми

XML = расширяемый язык разметки

LIMS: система управления информацией в лаборатории

Выберите идеальное сочетание прибора и метода измерения, которое будет соответствовать требованиям процесса.

3. Установка и обучение (Installation & Training)

Изучите все функции нового прибора, чтобы уверенно работать с ним.

4. Калибровка и квалификация (Calibration & Qualification)

Доверьте калибровку и квалификацию ваших приборов команде специалистов, прошедших подготовку на производстве.

5. Повседневная эксплуатация (Routine Operation)

Воспользуйтесь практическими рекомендациями для оптимальной проверки рабочих характеристик, калибровки и технического обслуживания.

ВЫВОДЫ

Бережливая лаборатория — вопрос бюджета?

Усовершенствования бережливой лаборатории не сводятся лишь к нескольким последовательным этапам. Оптимизация процессов идет шаг за шагом. А для этого большой бюджет не нужен. Процесс должен самофинансироваться за счет повышения эффективности.

Если процесс и оборудование требуют проверки, а также регистрации в сертификационных документах и стандартных процедурах, изменения могут потребовать дополнительной работы и больших затрат, которые не удастся быстро возместить. В таких случаях остается надеяться на то, что имеются достаточно широкие возможности для настроек и улучшений. Например, в описаниях ряда устройств (аналитических приборов, весов и т. д.) нельзя опускать дополнение «или эквивалент». Тогда в будущем устройство можно будет заменить на более новую или усовершенствованную модель.

При недостатке знаний об организации бережливой лаборатории можно обратиться к консультантам. Однако внешним консультантам часто не хватает глубоких знаний лабораторных процессов, внутренних требований и правил компании. Чтобы придерживаться принципов бережливой лаборатории, важно проводить тщательный отбор таких специалистов и строго контролировать расходы.

Бережливая лаборатория: постепенное преобразование

Бережливую лабораторию можно начать создавать даже с небольших изменений. Работу можно вести модуль за модулем, не ограничиваясь жесткими сроками. Основное внимание следует уделять техническим аспектам:

- стандартизация работы различных устройств;
- модульная комбинация устройств;
- стандартизированное сетевое программное обеспечение;
- квалифицированные услуги.

АББРЕВИАТУРЫ

5S/5A — Методика организации рабочего места, японский: Seiri (сортировка), Seiton (расположение по порядку), Seiso (чистота), Seiketsu (стандартизация) и Shitsuke (поддержание)

CAPEX — Капитальные вложения

CIP — Непрерывный процесс совершенствования

СрК — Индексы пригодности процесса Ср и СрК – это параметры, используемые в статистической оценке процесса в производственной технологии

DLZ — Время выполнения, немецкий: Durchlaufzeit

ERP — Планирование ресурсов предприятия, например SAP (система управления предприятием)

GEMBA — Японский термин, означающий «фактическое место» или «реальное место». Место, где находится производство или предоставляется услуга

KANBAN — Система планирования бережливого производства, работающего по принципу «точно вовремя» (JIT)

LIMS — Система управления информацией в лаборатории

MES — Система оперативного управления производством

MUDA — Японский термин, обозначающий бессмысленную деятельность (потери)

Obsolescence Management — Быстрая замена снятых с производства компонентов оборудования подходящими альтернативами или поддержание их запасов

OEE — Общая эффективность оборудования

OLE — Общая эффективность лаборатории

OOS — Несоответствие техническим требованиям

OPEX — Производственная эффективность (термин бережливой лаборатории и производства); эксплуатационные расходы (термин бизнес-экономики)

POBOS — Сравнительный анализ фармацевтических операций (McKinsey & Company) Пока Yoke Защита от досадных ошибок

RCI — Причинно-следственный анализ

RFT — Выполнение работ с первого раза

Six Sigma — Набор методов и инструментов для улучшения процесса

SMED — Быстрая переналадка = оптимизация времени настройки

TPM — Комплексное профилактическое обслуживание оборудования

TPS — Система производства Toyota

WIP — Незавершенная работа

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Masaaki Imai: Kaizen. Der Schlüssel zum Erfolg der Japaner im Wettbewerb. 7. Auflage. Ullstein, Berlin. 1996, ISBN 3-548-35332-0 (Ullstein 35332 Ullstein-Sachbuch Management)
2. High Performance Automated Ion Analysis, METTLER TOLEDO, 30019126, ©12/2012
3. Density, Refractive Index, pH and Color Multiparameter Analysis, METTLER TOLEDO, ©06/2012
4. Efficiency & Convenience, A Refreshingly New Concept in Juice Analysis, METTLER TOLEDO, ©06/2012
5. Titration Automation, Fully Automate your Titration Processes for Maximum Efficiency and Security, METTLER TOLEDO, 51724170, ©02/2009 Replaced by: Put Your Lab InMotion™, METTLER TOLEDO, 30100369, ©10/2013
6. Titration Automation, Automatic Dosing and Pipetting, Versatile and Reliable, METTLER TOLEDO, 51725153, ©02/2009
7. LabX Titration, Vollständige Übersicht und Kontrolle, Raffinierte Softwarelösung für Titratoren, METTLER TOLEDO, 51724360C, ©04/2011 Replaced by: Power Your Titration Bench with LabX, METTLER TOLEDO, 30100354, ©10/2013
8. LabX Software, Simply Powerful, METTLER TOLEDO, 30037208, ©01/2012
9. Bernd Renger, Privat
10. Bernd Renger, Consultant, Lean Lab Presentation, METTLER TOLEDO Customer Seminar, Jungholtz, May 2012
11. Hasan Yorukoglu, Your time is limited – Kaizen, www.hasanyorukoglu.com/blog, December 11, 2009 and November 17, 2009 and November 17, 2009
12. Julia von Flotow, Kaizen Lifestyle Management, www.kaizenlifecoach.com/5S.html
13. Rick Ruzga, Downtime, <http://leanvisualblog.bradyid.com>, June 2013
14. Markus Schubnell, Validation in Thermal Analysis, METTLER TOLEDO, 51725141, 12/2008
15. H. Singer, Kanji A Systematic Approach, 1994, US Library of Congress 94-92402

16. Debashis Sarkar, 8 Wastes of Lean Manufacturing in a Services Context, www.processexcellencenetwork.com
17. Lean Manufacturing, e.g. Wikipedia, Oct 13/2015
18. Kaizen, e.g. Wikipedia, Oct 13/2015

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Lean Lab Checklist, White paper, METTLER TOLEDO, 30249603, ©02/2015 Titration Automation Guide, METTLER TOLEDO, ©11/2014
2. Data Integrity Guide: Secure your measuring processes with LabX software, METTLER TOLEDO, ©06/2015 Safer Food Production – Lean Manufacturing and Due Diligence, White paper, METTLER TOLEDO,
3. Safeline SLMD-UK-WP-EN, ©08/2013

СОДЕРЖАНИЕ

Бережливая лаборатория.....	3
Концепция бережливой лаборатории	5
Девять шагов к бережливой лаборатории	12
Решения	32
Выводы	39
Аббревиатуры	40
Список использованной литературы	42
Рекомендуемая литература.....	43

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

*Методические указания к самостоятельной работе
для студентов направления подготовки 05.04.06*

Сост.: *А.С. Данилов, В.А. Матвеева*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
геоэкологии

Ответственный за выпуск *А.С. Данилов*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 20.12.2021. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 2,6. Усл.кр.-отт. 2,6. Уч.-изд.л. 2,2. Тираж 30 экз. Заказ 1149.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2