

УДК 664.6

DOI 10.25799/AR.2019.80.1.013

Проблемы и экономическая эффективность автоматизации контроля качества продукции на предприятиях пищевой отрасли

Иванов Владимир Леонидович

Кандидат технических наук, доцент,
старший научный сотрудник,
Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики,
197101, Российская Федерация, Санкт-Петербург, просп. Кронверкский, 49;
e-mail: vlivanov@corp.ifmo.ru

Поляков Руслан Иванович

Кандидат технических наук, доцент,
Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики,
197101, Российская Федерация, Санкт-Петербург, просп. Кронверкский, 49;
e-mail: rpolyakov@mail.ru

Травина Евгения Александровна

Ассистент,
Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики,
197101, Российская Федерация, Санкт-Петербург, просп. Кронверкский, 49;
e-mail: tea-922@mail.ru

Аннотация

В статье рассмотрены принципы разработки, оценка на соответствие нормативным требованиям и экономическая эффективность автоматизации контроля качества продукции на предприятиях пищевой отрасли. Применение подобных технологий становится актуальным для использования в системе ХАССП. В работе авторами указывается, что требуется формирование не только принципов выбора оборудования и средств автоматизации, но также и стратегии по его обоснованию и производству. Авторы показывают, что основная задача данного процесса – повышение эффективности производственного процесса в пищевой промышленности.

Качество – понятие многоплановое, обеспечение его требует объединения творческого потенциала и практического опыта многих специалистов. Проблема повышения качества может быть решена только при совместных усилиях государства, федеральных органов

управления, руководителей и членов трудовых коллективов предприятий. Важную роль в решении этой проблемы играют потребители, диктующие свои требования и запросы производителям товаров и услуг.

Качество продукции – совокупность свойств товара, обуславливающих его пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с назначением. Оно фиксируется на конкретный период времени и изменяется при появлении более прогрессивной технологии.

Качество продукции в условиях современного производства – важнейшая составляющая эффективности, рентабельности предприятия, поэтому ему необходимо уделять постоянное внимание. Заниматься качеством должны все участники производственного процесса – от директора предприятия – до конкретного исполнителя любой операции.

Для цитирования в научных исследованиях

Иванов В.Л., Поляков Р.И., Травина Е.А. Проблемы и экономическая эффективность автоматизации контроля качества продукции на предприятиях пищевой отрасли // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Том 9. № 1А. С. 121-134.

Ключевые слова

Автоматизация, пищевое оборудование, пищевая промышленность, технологический процесс, продовольственная безопасность.

Введение

Понимание важности безопасности и качества пищевых продуктов приобретает все большее значение в мире и, в частности, в России. Обеспечение населения высококачественными, безопасными товарами – одно из основных условий нормального физического и психофизиологического развития населения, формирования высокой устойчивости организма к различным заболеваниям и вредным факторам окружающей среды. Главное направление в формировании продовольственной безопасности в России на современном этапе – это удовлетворение постоянно растущего спроса населения на товары повышенного качества и безопасности, особенно это касается товаров, реализуемых предприятиями пищевой и фармацевтической промышленности.

Доказано, что целесообразным и эффективным является автоматизированный контроль качества пищевой продукции не на конечном этапе ее производства или на этапе реализации, а поэтапный контроль в так называемых критических точках – этапах технологического процесса, на котором возможно проведение контроля, и который имеет существенное значение для предотвращения или устранения риска, угрожающего безопасности пищевого продукта, для его уменьшения до приемлемого уровня [Иванов, 2015, 275].

Такой новый подход к производству безопасных продуктов питания отражен в основных принципах системы анализа рисков и контроля (регулирования) в критических точках ХАССП (лат. НАССР – Hazard Analysis and Critical Control Points). ХАССП – система для идентификации, оценки, анализа и контроля рисков, которые важны для безопасности пищевых продуктов.

Опираясь на основные требования системы НАССР, предприятиям пищевой промышленности и общественного питания целесообразно внедрять систему управления безопасностью пищевых продуктов (СУБПП), обеспечивая защиту потребителей от опасностей, которые могут сопровождать производство, хранение и реализацию сырья и готовой продукции.

Преимущества, которые дает предприятию внедрение системы СУБПП:

- гарантия выпуска безопасной продукции, благодаря систематическому контролю на всех этапах производства;
- демонстрация соответствия действующим законодательным и нормативно-правовым документам по безопасности пищевых продуктов;
- уменьшение потерь, связанных с отзывом продукции, штрафными санкциями и судебными исками;
- расширение сети потребителей продукции и возможность выхода на международный рынок.

Основные этапы разработки и внедрения СУБПП:

- выявление и анализ факторов, негативно влияющих на пищевую безопасность;
- определение критических точек управления, их границ, а также системы их мониторинга, преимущественно, автоматизированного;
- обеспечение возможности обучения персонала основным принципам НАССР;
- установление и документирование процедуры проверки и подтверждение того, что СУБПП функционирует результативно в соответствии с предусмотренными требованиями.

Главным отличием новой системы от действующих процедур контроля качества является четкое закрепление ответственности оператора рынка в рамках своей деятельности за несоблюдение требований законодательства о безопасности пищевых продуктов. Иначе говоря, ответственность за производство некачественной, опасной для здоровья человека продукции, будет нести производитель.

Введение превентивного подхода к контролю вместо необходимости бороться с последствиями – это еще одно кардинальное изменение системы.

Согласно новому подходу будет подлежать контролю вся цепь производства пищевого продукта. Это позволит выявить угрозу на раннем этапе и предотвратить производство опасного продукта и его реализацию потребителю. На законодательном уровне это закреплено в форме требования об обязательном внедрении системы управления безопасностью пищевых продуктов на принципах НАССР.

Для полного, безболезненного и эффективного внедрения НАССР на предприятиях закон предусматривает значительные переходные периоды. Например, на предприятиях, производящих пищевые продукты, в состав которых входят активные ингредиенты животного происхождения, НАССР должен был быть введен до 2017 года, производители соков и конфет должны справиться с задачей до 2018 года, а владельцы всех малых предприятий - до 2019 года. Ряд исключений, предусмотренных для учреждений розничной торговли, общепита, кондитерских, пекарен дает возможность ввести упрощенный НАССР [Щербак, 2016, 130].

Операторы рынка будут нести ответственность за нарушение законодательства о безопасности, в т.ч. и за ухудшение отдельных показателей качества пищевых продуктов. Установление существенных штрафных санкций за невыполнение требований законодательства для пищевых предприятий является действенным решением, которое уже не один год доказывает свою эффективность в развитых странах мира.

Материалы и методы

Внедрение системы НАССР позволит защитить не только права потребителей, но и стать помощником для производителей и реализаторов продовольственной продукции. Так, НАССР помогает производителю структурировать все производственные процессы и, в случае проблем на рынке, доказать свою невиновность, если пищевой продукт был испорчен, например, при транспортировке или в результате несоблюдения условий хранения. Прослеживаемость помогает определить ненадежных поставщиков и дистрибьюторов, а также отозвать проблемный товар и предотвратить крайне нежелательные последствия, например, массовые отравления [Фриче, 2016, 42].

При наличии системы НАССР существенно смягчаются условия получения необходимой разрешительной документации для предприятий, осуществляющих деятельность, связанную с производством или хранением пищевых продуктов животного происхождения. Для ряда других предприятий, включая заведения общественного питания и часть заведений розничной торговли, достаточно будет прохождения простой процедуры регистрации [Шабурова, 2014, 72].

Приведенный перечень нововведений неполон, но он дает возможность понять, почему необходимо изменить действующую систему безопасности пищевых продуктов и внедрить новые, более эффективные подходы.

Таким образом, следствием внедрения предложенных инноваций будет повышение защиты прав потребителей, совершенствование системы государственного контроля в сфере безопасности пищевых продуктов с учетом требований законодательства и минимизации негативных последствий необоснованного государственного вмешательства в сферу производства и обращения пищевых продуктов

Введение в действие нормативов системы НАССР не приведет автоматически к позитивным сдвигам. Работу следует проводить, опираясь на практику отдельных стран, используя их опыт для реформирования системы контроля безопасности:

1. Реформирование существующей системы государственного контроля безопасности пищевой продукции путем создания единого контролирующего органа и рационализации лабораторных услуг.

2. Необходимая и достаточная гармонизация национального законодательства по безопасности пищевых продуктов с действующими международными нормами и применение горизонтального подхода при принятии соответствующих законодательных актов. Интегрированной составляющей системы должно быть введение на пищеперерабатывающих предприятиях систем самоконтроля, основанных на принципах НАССР.

3. Разработка национальной программы обучения государственных инспекторов по вопросам безопасности пищевой продукции.

Внедрение новых высокоэффективных подходов к обеспечению пищевой безопасности предопределяет необходимость проектирования оборудования для пищевой промышленности с учетом ряда специальных условий.

Материалы, используемые в конструировании оборудования для пищевых производств, должны удовлетворять определенным специфическим требованиям. Материалы, контактирующие с продуктом, должны, при условии надлежащей эксплуатации, быть

инертными по отношению, как к продукту, так и к дезинфектантам. Также они должны быть устойчивыми к коррозии, нетоксичны, механически стабильными, а на чистоту обработки поверхности не должно быть негативного влияния при надлежащей эксплуатации [Потанина 2009, 610]. Материалы, не контактирующие с продуктом, должны быть механически стабильными, с достаточной чистотой обработки поверхности и легко очищаться. Необходимо отметить, что следует поддерживать поиск и внедрение новых или улучшенных материалов для использования в пищевой промышленности и консультации с поставщиками материалов, где это необходимо.

Поскольку наличие в пищевых продуктах токсичных элементов недопустимо, проектировщик должен позаботиться о том, чтобы только нетоксичные конструкционные материалы использовались в местах прямого контакта с продуктом. Необходимо применять все правовые нормативы (поскольку многие страны имеют сборники нормативов и директив, в которых указывается список материалов, допускаемых к контакту с пищевыми продуктами) и следует обеспечить использование только тех материалов, использование которых разрешено действующим законодательством.

Материалы, которые используются для контакта с продуктом, должны:

- обладать достаточной прочностью в широком диапазоне температур;
- иметь приемлемый срок службы;
- быть нетоксичными; не разрушаться и не абсорбировать контактирующие вещества;
- быть устойчивыми к растрескиванию, обламыванию, разрушению коррозией и истиранию;
- предотвращать проникновение нежелательных веществ в пределах предполагаемого использования;
- легко очищаться и иметь способность сохранять заданную форму.

Нержавеющая сталь обычно отвечает всем этим требованиям. Существуют различные марки нержавеющей стали, которые могут быть выбраны по их конкретным свойствам для удовлетворения эксплуатационных требований. Например, нержавеющая сталь AISI-316 с содержанием молибдена может использоваться там, где необходима повышенная коррозионная стойкость [Бровкин, 2017, 3025].

В общем, нержавеющая сталь имеет отличную коррозионную стойкость, поэтому она широко используется в пищевой промышленности. Перечень нержавеющей стали, пригодных к использованию, достаточно широк, поэтому выбор приемлемого типа нержавеющей стали будет зависеть от ее коррозионных свойств (учитывая ионы, которые контактируют со сталью, а также pH и температуру контактной среды), процесса очистки и инертности антимикробных химикатов, которые для этого используются. Вместе с тем, на выбор будут влиять условия нагружения, при которых работает материал, пригодность стали для механической обработки, для сварки, твердость, а также цена [Хузина, 2016, 176].

Для случая, когда требуется хорошая резистентность к общей атмосферной коррозии, а по условиям проектного использования будут обрабатываться исключительно растворы с уровнем pH 5-8, низким уровнем хлоридов (примерно до 50 мг/л на 1 ppm) и низкие рабочие температуры (до 25°C), наилучшим выбором будет сталь AISI-304 (аустенитная нержавеющая сталь 18%Cr/10%Ni), или ее низко-углеродистая версия AISI-304L (DIN 1.4307; EN X2CrNi18-9), которая более пригодна для сварки [Байер, 2015, 20].

В случае, когда как уровень хлоридов, так и уровень температур примерно вдвое превышают указанные выше величины, выбранный материал должен иметь большую резистентность к щелочно-точечной коррозии, которая может быть результатом локальной концентрации хлоридов. Добавление молибдена к AISI-304 (создавая AISI-316) увеличивает коррозионную резистентность, и поэтому этот тип нержавеющей стали рекомендуется для компонентов такого оборудования, как клапаны (вентили), корпуса, насосы, роторы и валы, в то время как его низкоуглеродистый аналог AISI-316L (DIN 1.4435; EN X2CrNiMo 8-14-3) рекомендуется для трубопроводов и резервуаров, благодаря лучшей пригодности к сварке. Также, как альтернативный материал, может быть использован титан.

При приближении температуры к 150 °С, даже в деталях, изготовленных из стали AISI-316 может происходить стресс-коррозионное образование трещин в тех случаях, когда высоконапряженные места подвержены воздействию высоких уровней концентрации хлоридов. В этих случаях следует применять стали AISI-410, AISI-409, AISI-329, или даже инколой 825, поскольку они имеют большую механическую прочность и коррозионную резистентность, хотя и являются более дорогими. Обозначения AISI, DIN и EN, обычно используемые в пищевой промышленности, приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Обозначения нержавеющей сталей, которые широко используются в пищевой промышленности

AISI	DIN (Германия) / EN	ГОСТ 5632-72	Химический состав					
			C%	Cr%	Ni%	Mo%	Ti%	N%
304	DIN 1.4307 (EN X2CrNi18-9)	08X18H10	<0.03	18	9			
316	DIN 1.4435 (EN X2CrNiMo 18- 14-3)	08X17H13	<0.03	18	14	3		
410	DIN 1.4006 (ENX12Cr13)	12X13	<0.12	13	<0.75			
409	DIN 1.4512 (ENX2CrTi2)	08X13	<0.03	11.5			<0.6	
329	DIN 1.4460 (EN X3CrNiMoN27-5-2)	08X17H13	<0.05	27	5.5	1.7		<0.20

Нержавеющие стали - обоснованный выбор конструкционного материала для технологического оборудования для пищевой промышленности, но, в зависимости от места применения, некоторые полимерные материалы могут иметь преимущества перед нержавеющей сталью, например, вследствие более низкой стоимости, меньшего веса или улучшенной химической резистентности. Безусловно, такие материалы (эластомеры, смазочные материалы, прокладки и импульсные жидкости) должны быть нетоксичными.

Важно избегать непосредственного соединения металл-металл, кроме сварки, так как контакт металл-металл может содержать загрязняющие вещества и микроорганизмы. В случае с оборудованием, предназначенным для асептической обработки, уплотнение металл-металл не будет препятствовать проникновению бактерий.

Перечисленным выше требованиям должно удовлетворять не только основное, но и вспомогательное оборудование, применяющееся в пищевой промышленности, в том числе и на предприятиях общественного питания.

В настоящее время рынок нейтрального вспомогательного оборудования достаточно широк.

1. Производственные столы. Это оборудование используется для обработки продуктов, хранения готовых блюд и рабочего инвентаря. Существуют разборные и сварные столы, пристенные с бортом и центральные модели для островной компоновки. Также производственные столы могут обладать решетчатой или сплошной полкой, а для усиления

конструкции производители часто добавляют профиль в нижней части – такие конструкции более устойчивые и прочные. При применении пристенных столов следует отдавать предпочтение конструкции с бортом, что позволяет сохранять в чистоте труднодоступные зоны.

2. Моечные ванны. Ванны применяются для мытья продуктов и рабочего инвентаря. При выборе этого оборудования нужно обратить внимание на материал изготовления, его стойкость к коррозии, а также форму и размеры. Скругленная кромка ванны предотвратит травмы персонала, а пристенный бортик защитит стену от брызг. Что касается материалов, предпочтительнее выбирать ванны из нержавеющей стали, поскольку они обладают лучшими гигиеническими показателями, чем модели из окрашенной стали и служат гораздо дольше [Чумакова, 2017, 902]. По технологии изготовления ванны подразделяются на сварные и цельнотянутые. Первый вариант включает сварные швы и стыки, что снижает удобство ухода. Цельнотянутые ванны изготавливаются из цельного листа и обладают большей гигиеничностью, которая объясняется отсутствием труднодоступных мест при обработке. Также ванны подразделяются по количеству секций для мытья – от 1 до 3-х. Моечные ванны, устанавливаемые в овощном цехе, должны иметь возможность для крепления в них специальных перфорированных емкостей, облегчающих мойку овощей.

3. Полки. При выборе полок важно учитывать, для чего они будут использоваться. Закрытые полки применяют для долгосрочного хранения продуктов, полуоткрытые – для лучшей вентиляции, а открытые – для удобства доступа.

4. Стеллажи. Такое оборудование используется для хранения и сушки инвентаря. Регулируемые стеллажи позволяют хранить инвентарь разных размеров, а регулируемые по высоте опоры обеспечивают горизонтальное положение на полах с уклоном. Для сушки инвентаря и посуды применяют стеллажи с решетчатыми полками для быстрого удаления влаги.

5. Тележки. Различают тележки с разным количеством полок, с поворотными колесами и стопорным механизмом, который позволяет предотвратить повреждение посуды. Тележки для сбора посуды имеют большую глубину полок, а для сушки тарелок – решетчатые полки.

6. Вентиляционные зонты устанавливаются над тепловым оборудованием для удаления избыточной теплоты и влаги. Согласно стандартам, размер зонтов должен быть на 10 см больше оборудования, над которым они установлены. Существуют как вытяжные, так и приточно-вытяжные зонты, которые включают в себя рассеиватель и лабиринтный фильтр. Зонты должны быть подключены к системе вентиляции.

7. Подставки. Существуют различные подставки для посуды, оборудования, например, печей для пиццы и необходимого инвентаря. Качество подставки напрямую зависит от материала.

Чаще всего для изготовления вспомогательного оборудования используется нержавеющая сталь марок AISI 304 и AISI 430. Оборудование из стали марки AISI 430 имеет срок эксплуатации около 5-6 лет, а модели, изготовленные из стали марки AISI 304, обладающей большей стойкостью к коррозии, могут использоваться до 10 лет.

Таким образом, для долговременного использования оборудования предпочтительно выбирать модели из нержавеющей стали марки AISI 304. Проверить, из какого материала изготовлено оборудование, достаточно легко – сталь AISI 304 практически не обладает магнитными свойствами.

Также при выборе изделий важно обращать внимание на толщину деталей из нержавеющей стали. Как правило, вспомогательное оборудование изготавливается из листа толщиной от 1 мм

и больше. Слишком тонкие стенки моечной ванны или стола приводят к быстрому истиранию и необходимости покупки нового оборудования [Потанина, 2010, 229]. При этом необходимо учитывать предполагаемый срок эксплуатации и возможности бюджета.

Эластомеры и другие полимеры должны сохранить свои поверхности и конформационные характеристики при условиях, которые имеют место в процессе производства, очистки и обеззараживания. При выборе полимерных материалов нужно принять во внимание следующие критерии:

- соответствие требованиям и рекомендациям;
- совместимость с пищевыми продуктами и соединениями (химическая нейтральность в отношении масла, жиров, консервантов);
- химическая инертность к очищающим и дезинфицирующим веществам;
- устойчивость к долговременному воздействию рабочей температуры (как низкой, так и высокой);
- устойчивость к обработке паром во время SIP-мойки;
- выдерживание динамических напряжений;
- гидрофобность, реакционные способности поверхности;
- возможность очистки, структура и шероховатость поверхности, накопления остатков;
- другие требования (адсорбция, десорбция, действие щелочей, твердость, упругость, резистентность к холодным потокам, абразивная резистентность, технология обработки).

Полимеры, которые часто используются в оборудовании, спроектированном с соблюдением гигиенических требований: ацетал (гомо- и ко-полимер) (POM), флюорополимеры, политетрафлюорэтилен (PTFE, модифицированный PTFE), перфлюоралкойдная смола, поливиниденфлюорид (PVDF), флюорированный этилен пропиленовые сополимеры (FEP) полиэтилен салон (PPSU), полипропилен (PP), полисульфон (PSU), поливинилхлорид, не пластичный (PVC) [Шабурова, 2014, 33].

Результаты и обсуждения

При использовании полимерных материалов следует помнить, что некоторые их виды могут быть пористыми и плохо поддаваться очистке. Однако, некоторые виды модифицированных PTFE и полностью флюорированные сополимеры, такие как PFA, удовлетворяют требованиям EHEDG по способности к очистке.

Полимерные материалы, подобно другим конструкционным материалам, таким, как стекло, сталь или эмали, должны выбираться согласно предполагаемых условий эксплуатации проектируемого оборудования.

Некоторые полимеры, например флюорополимеры, могут быть использованы в качестве покрытия (слоем толщиной от 0,5 до 1,2 мм) металлических поверхностей для улучшения их резистентности к химическим соединениям. Технология нанесения покрытия зависит от геометрических характеристик оборудования [Хорин, 2017, 854].

Резиновые материалы и другие эластомеры обычно используют для прокладок, уплотнений, скребков и других подобных элементов. При этом следует учитывать, что избыточное механическое или тепловое воздействие приводит к необратимой деформации деталей из этих материалов.

При выборе конкретного эластомера надо учитывать те же параметры, которые были приведены выше для выбора полимеров. Когда речь идет о готовых деталях, важным становится

вопрос их идентификации, отслеживания и соблюдения требований нормативных документов. Например, соответствие нормативам FDA осуществляется через сертификаты по контактированию с пищевыми продуктами FCN и через документы, подтверждающие соответствие требованиям, например, акта 21 CFR 177.2600.

Типы эластомеров, которые могут быть использованы в пищевой промышленности в качестве изоляции, прокладок и колец:

- этилен-пропилен-диен-мономер (EPDM) - масло- и жиро-нерезистентный;
- флюороэластомер (FKM) - может быть использован для температур не выше 180 °С;
- гидратированная нитрит бутил резина (HNBR);
- натуральная резина (NP);
- нитрит/бутил резина (NBR)
- силиконовая резина (VMQ) - также может быть использована для температур не выше 180 °С;
- перфлюороэластомер (FFKM) - может быть использован для температур не выше 300 °С.

Клеящие материалы должны во всех случаях соответствовать требованиям нормативов FDA и рекомендациям поставщика оборудования, с которым они используются. Это условие должно обеспечить гарантию, что использование данного клеевого материала не повлечет за собой локализованную коррозию нержавеющей стали оборудования, или не приведет к выделению токсичных веществ в условиях проектной эксплуатации. Все соединения должны быть непрерывными и механически стабильными, чтобы компоненты не отделялись от базового материала, к которому они присоединяются.

Тепловая изоляция оборудования должна быть выполнена таким образом, чтобы влага из внешней среды не проникла в материал изоляции с внешней стороны оборудования (например, в результате стекания или конденсации на холодных поверхностях). Изоляционные материалы не должны иметь хлоридов в своем составе. В противном случае накопление влаги может привести к образованию хлоридов на поверхности нержавеющей стали, что, в свою очередь, вызовет стрессовую или точечную коррозию. Увлажнение изоляционного материала приводит к потере изоляционных свойств.

Импульсные жидкости могут контактировать с рабочими продуктовыми жидкостями при условии нарушения перегородки (мембраны) между ними. Поэтому импульсные жидкости должны иметь разрешение на применение в пищевой промышленности [Потанина, 2017].

Дерево - материал, который используют в ограниченных случаях, например, для регулирования относительной влажности и/или микробиологической обстановки (например, в условиях созревания сыра, в производстве вина, уксуса и т. п) или когда его механические свойства не могут заменить другие доступные материалы (например, при рубке мяса). Деревянные поверхности должны быть тщательно очищены и продезинфицированы после применения, потому что они имеют способность сохранять микроорганизмы, которые в дальнейшем размножаются при наличии остатков питательных сред обрабатываемых продуктов. Щепки от деревянных поверхностей могут загрязнять продукт [Зайченко, 2015, 86].

Материалы для поверхностей, которые не контактируют с продуктами, должны быть простыми в обслуживании и устойчивыми к воздействию продуктов, моющих и дезинфицирующих средств. Как и для поверхностей, контактирующих с продуктом, лучшей является нержавеющая сталь. Если элементы оборудования имеют покрытие (например, двигатели, приводы, корпуса), оно должно быть нетоксичным и устойчивым к растрескиванию,

появлению зазубрин или шелушению. Элементы с покрытием не должны быть расположены непосредственно над открытыми продуктовыми зонами. Изоляция должна быть непроницаема для пара, чтобы избежать роста микроорганизмов.

Существуют и специфические требования к строительным материалам. Все поверхности, контактирующие с пищевыми продуктами, должны легко очищаться [Бровкин, 2017, 32]. Поверхность должна быть гладкой, следовательно, непрерывной и без трещин, щелей, царапин и углублений, в которых после очистки может оставаться грязь и/или микроорганизмы. Хотя ключевым требованием для поверхностей является возможность качественной очистки, а не гладкость, определена максимальная шероховатость поверхностей, контактирующих с пищевыми продуктами, так как продолжительность очистки увеличивается в зависимости от требуемой шероховатости поверхности. И американская, и Европейская группа по гигиеническому конструированию оборудования (EHEDG) ограничивают максимальную шероховатость поверхности для контакта с пищевыми продуктами. Поверхности, контактирующие с продуктом, должны иметь обработку допустимого значения R_a и не иметь недостатков, таких как заглабление, складки и щели (для определения R_a см. ISO 1982). Для больших площадей поверхности, контактирующие с продуктом, шероховатость должна быть от 0,8 мкм R_a или лучше. Шероховатость больше 0,8 мкм может быть приемлемой, если результаты теста показали, что требуемая степень очистки достигается за счет других конструктивных особенностей. Для закрытого оборудования, которое используется для наполнения жидкостями и, как правило, очищается на месте (CIP), рекомендуются поверхности от 0,8 мкм R_a . Более высокие значения R_a являются приемлемыми, если может быть доказано, что поверхности хорошо очищаются. Следует отметить, что холоднокатаная сталь имеет шероховатости R_a от 0,2 до 0,5 мкм и, как правило, не требует полировки при условии, что поверхности контакта с продуктом не имеют углублений, трещин и складок, после того, как окончательно придана форма. Однако, шлифовка нужна для горячекатаной стали, если нет специальных требований. Так как шероховатости поверхностей литых материалов и углеродистых сталей не соответствуют рекомендованным значениям, возможность очистки элементов оборудования из этих материалов требует дальнейшего изучения. Поверхности, которые не контактируют с продуктами, должны быть достаточно гладкими, чтобы гарантировать легкую очистку. Пористые поверхности, как правило, неприемлемы. В табл. 2 показана шероховатость поверхности, достигнутая разной обработкой поверхности из нержавеющей стали. Это важно для установления того факта, была ли достигнута нужная шероховатость поверхности [Чумакова, 2007, 20]. Состояние поверхности напрямую определяет способность к очистке. Углубления, сгибы, щели, разрывы поверхности и прочие неровности не должны иметь место, поскольку они образуют участки, недоступные для технологической очистки.

Таблица 2 – Примеры обработки поверхностей из нержавеющей стали и результирующая шероховатость поверхностей

Метод обработки поверхности	R_a в мкм	Типичные характеристики технологий обработки
Холоднокатаная нержавеющая сталь	0,2...0,5	Гладкая сплошная поверхность
Горячекатаная нержавеющая сталь	> 4	Сплошная поверхность
Пескоструйная обработка стеклянными шариками	1,0...1,2	Нарушение сплошности поверхности

Метод обработки поверхности	R _a в мкм	Типичные характеристики технологий обработки
Микронаклеп	<1	Деформированная (нарубка) поверхность
Отжиг	0,4... 1,2	Наличие трещин в зависимости от начального состояния поверхности
Тепловая обработка	0,5...1,0	Заостренные или углубленные дефекты
Электрополировка		Электрополировка незначительно улучшает значение R _a
Механическая полировка с использованием оксида алюминия или карбида кремния, абразивный песчаный номер:		
500	0,1...0,25	
320	0,15...0,4	
240	0,2...0,5	
180	<0,6	
120	<1,1	
60	<3,5	

Поверхности, которые не контактируют с пищевыми продуктами, должны быть достаточно гладкими, чтобы гарантировать легкость очистки.

Оборудование должно быть спроектировано таким образом, чтобы масла не контактировали с пищевым продуктом. В случае возможности случайного контакта, смазки должны соответствовать нормативам Программы регистрации непивцевых смесей (NSF). Эти требования превышают требования USDA, основанные на регулятивных требованиях по использованию ингредиентов и торговых марок, включая FDA 21 CFR. Документ 23 EHEDG определяет компоненты, которые допустимо использовать в смазках и в качестве защитного слоя от коррозии, против протекания или потерь рабочего вещества у прокладок, а также, как смазочные материалы для частей оборудования, контактирующих с пищевыми продуктами.

Заключение

Таким образом, пищевая безопасность должна обеспечиваться, как путем автоматизации контроля качества производства в критических точках технологического процесса, так и применением на всех технологических этапах соответствующих, нейтральных к сырью и пищевым продуктам материалов.

Библиография

1. Байер Е. Anugafoodtec - технологии и оборудование для пищевой промышленности // Мясной ряд. – 2015. – № 1 (59). – 18-21 с.
2. Бровкин А.В. Взаимное страхование – история зарождения и мирового развития, как актуальный научно-практический опыт для развития некоммерческих финансовых отношений в России / А.В. Бровкин // Российское предпринимательство. – 2017. – Том 18. – № 20. – 3019-3030 с.
3. Бровкин А.В. Система оценки деятельности топ-менеджеров госкомпаний Российской Федерации / А.В. Бровкин // Тренды и управление. – 2017. – № 2. – 26-34 с.
4. Зайченко Д.А. Отечественное оборудование для пищевой промышленности // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2015. – № 1 (27). – 82-88 с.
5. Иванов В.Л., Балюбаш В.А. Исследования и практика разработки автоматизированных систем контроля состава и свойств пищевых продуктов // VII Международная научно-техническая конференция «Низкотемпературные

- и пищевые технологии в XXI веке» (Санкт-Петербург, 17–20 ноября 2015 г.): Материалы конференции. – 2015. – № 1. – 275-276 с.
6. Потанина Ю. М. Интегрированная отчетность как информационная база контроллинга: предпосылки и развитие концепции [Электронный ресурс] // Интеграция контроллинга в экономику, организацию производства и менеджмент : Сборник научных трудов VI Международной научно-практической конференции по контроллингу (Рязань-Москва, 25-26 мая 2017 г.) / НП «Объединение контроллеров» ; под науч. ред. д.э.н., профессора С.Г.Фалько. – Москва, 2017. – Режим доступа: <http://controlling.ru/files/115.pdf>
 7. Потанина Ю.М. Отражение стратегии управления капиталом в управленческой и финансовой отчетности // Российская экономика: пути повышения конкурентоспособности : Коллективная монография / МГИМО (У) МИД России; под ред. А.В. Холопова. – М.: МГИМО-Университет, 2009. – 606-617 с.
 8. Потанина Ю.М. Синтетическая концепция факторов стоимости капитала компании / Ю.М. Потанина // Учет, анализ и аудит. Тематический выпуск: Стратегический экономический анализ и его информационное обеспечение. Функционально-стоимостной анализ. – 2010. – Вып. 1. – 227-239 с.
 9. Фриче В. Оборудование для обработки пищевых продуктов и упаковки: Россия и немецкие технологии // Пищевая индустрия. – 2016. – № 1 (27). – 42 с.
 10. Хорин А.Н., Бровкин А.В. Ключевые индикаторы отчета об устойчивом развитии организации / Хорин А.Н., Бровкин А.В. // Теоретическая и прикладная экономика. — 2018. – № 1. – С.1
 11. Чумакова О.В. Ответственность как элемент механизма инвестиционно-строительной деятельности // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 3-2 (80). – 853-858 с.
 12. Хузина А.Ф., Фролова И.И. Управление оборудованием на предприятиях пищевой промышленности // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. – 2016. – № 6 (16). – 172-178 с.
 13. Чумакова О.В. Практические вопросы государственной регистрации права и договора аренды недвижимости // Право и экономика. – 2007. – № 11. – 17-22 с.
 14. Чумакова О.В., Чепрасова, А.С. Возврат просроченной задолженности: нововведения в законодательстве // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 3-2 (80). – 901-903 с.
 15. Шабурова Г.В., Курочкин А.А., Фролов Д.И. Инновационное оборудование для пищевой промышленности // Пищевая промышленность. – 2014. – № 2. – 72 с.
 16. Шихов С.С., Воронцова В.Е. Оборудование поможет соответствовать требованиям международных пищевых стандартов // Мясные технологии. – 2016. – № 1 (157). – 32-33 с.
 17. Щербак Т.А., Агеева А.А. Технологии и оборудование пищевых производств // В сборнике: Будущее науки-2016 Сборник научных статей 4-й Международной молодежной научной конференции : в 4-х томах. – 2016. – 128-130 с.

Problems and economic efficiency of automation of quality control in the food industry

Vladimir L. Ivanov

PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
Senior Researcher,
Saint Petersburg National Research University of Information
Technologies, Mechanics and Optics,
197101, 49, Kronverksky av., Saint Petersburg, Russian Federation;
e-mail: vlivanov@corp.ifmo.ru

Ruslan I. Polyakov

PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
Saint Petersburg National Research University of Information
Technologies, Mechanics and Optics,
197101, 49, Kronverksky av., Saint Petersburg, Russian Federation;
e-mail: rpolyakov@mail.ru

Evgeniya A. Travina

Assistant,
Saint Petersburg National Research University of Information
Technologies, Mechanics and Optics,
197101, 49, Kronverksky av., Saint Petersburg, Russian Federation;
e-mail: tea-922@mail.ru

Abstract

The article describes the principles of development, assessment of compliance with regulatory requirements and economic efficiency of automation of product quality control in the food industry. The use of such technologies becomes relevant for use in the HACCP system. The authors indicate that it is necessary to form not only the principles of selection of equipment and automation equipment, but also a strategy for its justification and production. The authors show that the main task of this process is to increase the efficiency of the production process in the food industry.

Quality is a multifaceted concept, ensuring it requires combining the creative potential and practical experience of many specialists. The problem of quality improvement can be solved only with the joint efforts of the state, Federal authorities, managers and members of labor collectives of enterprises. An important role in solving this problem is played by consumers who dictate their requirements and requests to producers of goods and services.

Product quality—a set of product properties that determine its suitability to meet certain needs in accordance with the purpose. It is fixed for a specific period of time and changes with the advent of more advanced technology.

Quality of production in the conditions of modern production – the most important component of efficiency, profitability of the enterprise therefore it needs to be paid constant attention. All participants of production process – from the Director of the enterprise – to the concrete performer of any operation have to be engaged in quality.

For citation

Ivanov V.L., Polyakov R.I., Travina E.A. (2019) Problemy i ekonomicheskaya effektivnost' avtomatizatsii kontrolya kachestva produktsii na predpriyatiyakh pishchevoy otrasli [Problems and economic efficiency of automation of quality control in the food industry]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 9 (1A), pp. 121-134.

Keywords

Independent work, students of medical specializations, cognitive activity, English, professional-oriented approach, self-education competence.

References

1. Bayer Ye. Anugafoodtec - tekhnologii i oborudovaniye dlya pishchevoy promyshlennosti [Anugafoodtec - technologies and equipment for the food industry]. *Myasnoy ryad – Meat series*, 2015, no. 1 (59)6 pp. 18-21.
2. Brovkin A.V. Vzaimnoye strakhovaniye – istoriya zarozhdeniya i mirovogo razvitiya, kak aktual'nyy nauchno-prakticheskiy opyt dlya razvitiya nekommercheskikh finansovykh otnosheniy v Rossii / A.V. Brovkin [Mutual insurance is the story of the birth and world development, as actual scientific and practical experience for the development of non-commercial financial relations in Russia / A.V. Brovkin]. *Rossiyskoye predprinimatel'stvo – Russian Entrepreneurship*, 2017, Tom 18, no. 20, pp. 3019-3030.

3. Brovkin A.V. Sistema otsenki deyatelnosti top-menedzherov goskompaniy Rossiyskoy Federatsii / A.V. Brovkin [Evaluation system of top managers of state-owned companies of the Russian Federation / A.V. Brovkin]. *Trendy i upravleniye – Trends and management*, 2017, no. 2, pp. 26-34.
4. Zaychenko D.A. Otechestvennoye oborudovaniye dlya pishchevoy promyshlennosti [The domestic equipment for the food industry // Food industry: science and technology]. *Pishchevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii – Food industry: science and technology*, 2015, no. 1 (27), pp. 82-88.
5. Ivanov V.L., Balyubash V.A. Issledovaniya i praktika razrabotki avtomatizirovannykh sistem kontrolya sostava i svoystv pishchevykh produktov [Research and practice of developing automated systems for controlling the composition and properties of food products]. *VII Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya «Nizkotemperaturnyye i pishchevyye tekhnologii v XXI veke» [VII International Scientific and Technical Conference “Low-temperature and food technologies in the XXI century”]*. (Cankt-Peterburg, 17–20 noyabrya 2015 g.): Materialy konferentsii, 2015, № 1, pp. 275-276.
6. Potanina YU. M. Integrirovannaya otchetnost' kak informatsionnaya baza kontrollinga: predposylki i razvitiye kontseptsii [Elektronnyy resurs] [Integrated reporting as an information base for controlling: background and concept development [Electronic resource]. *Integratsiya kontrollinga v ekonomiku, organizatsiyu proizvodstva i menedzhment : Sbornik nauchnykh trudov VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii po kontrollingu (Ryazan'-Moskva, 25-26 maya 2017 g.) / NP «Ob"yedineniye kontrollerov» ; pod nauch. red. d.e.n., professora S.G.Fal'ko* [Integration of controlling into the economy, production management and management: Collection of scientific papers of the VI International Scientific and Practical Conference on Controlling (Ryazan-Moscow, May 25-26, 2017) / NP "Controllers Union"; under the scientific ed. Doctor of Economics, Professor S.G. Falko]. Moscow, 2017.
7. Potanina, Yu.M. (2009), *Reflection of capital management strategies in management and financial reporting // Russian economy: ways to improve competitiveness: Collective monograph / MGIMO (University) of the Ministry of Foreign Affairs of Russia; by ed. A.V. Kholopova [Otrazheniye strategii upravleniya kapitalom v upravlencheskoy i finansovoy otchetnosti // Rossiyskaya ekonomika: puti povysheniya konkurentosposobnosti : Kollektivnaya monografiya / MGIMO (U) MID Rossii; pod red. A.V. Kholopova]*, M.: MGIMO-University, 606-617 p.
8. Potanina YU.M. Sinteticheskaya kontseptsiya faktorov stoimosti kapitala kompanii / YU.M. Potanina [Synthetic concept of the cost factors of the company's capital / Yu.M. Potanin]. *Uchet, analiz i audit. Tematicheskii vypusk: Strategicheskii ekonomicheskii analiz i yego informatsionnoye obespecheniye. Funktsional'no-stoimostnoy analiz – Accounting, analysis and audit. Thematic release: Strategic economic analysis and its informational support*. Functional cost analysis, 2010, Vyp. 1, pp. 227-239.
9. Friche V. Oborudovaniye dlya obrabotki pishchevykh produktov i upakovki: Rossiya i nemetskiye tekhnologii [Equipment for food processing and packaging: Russia and German technologies]. *Pishchevaya industriya – Food Industry*, 2016, – no.1 (27), pp. 42.
10. Khorin A.N., Brovkin A.V. Klyuchevyye indikatory otcheta ob ustoychivom razvitii organizatsii / Khorin A.N., Brovkin A.V. [Key indicators of the organization's sustainable development report / Khorin A.N., Brovkin A.V.]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekonomika – Theoretical and applied economics*, 2018, no. 1, pp. 1.
11. Chumakova, O.V. Otvetstvennost' kak element mekhanizma investitsionno-stroitel'noy deyatelnosti [Responsibility as an element of the mechanism of investment and construction activity]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo – Economy and Entrepreneurship*, 2017, no. 3-2 (80), pp. 853-858.
12. Khuzina A.F., Frolova I.I. Upravleniye oborudovaniyem na predpriyatiyakh pishchevoy promyshlennosti [Equipment management at the food industry enterprises]. *Innovatsionnaya ekonomika: perspektivy razvitiya i sovershenstvovaniya – Innovative economy: prospects for development and improvement*, 2016, no. 6 (16), pp. 172-178.
13. Chumakova, O.V. Prakticheskiye voprosy gosudarstvennoy registratsii prava i dogovora arendy nedvizhimosti [Practical issues of state registration of the right and the lease of real estate]. *Pravo i ekonomika – Law and Economics*, 2007, no. 11, pp. 17-22.
14. Chumakova, O.V., Cheprasova, A.S. Vozvrat prosrochennoy zadolzhennosti: novovvedeniya v zakonodatel'stve [Return of arrears: innovations in legislation]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo – Economy and Entrepreneurship*, 2017, no. 3-2 (80), pp. 901-903.
15. Shaburova G.V., Kurochkin A.A., Frolov D.I. Innovatsionnoye oborudovaniye dlya pishchevoy promyshlennosti [Innovative equipment for the food industry]. *Pishchevaya promyshlennost' – Food industry*, 2014, no. 2, pp. 72.
16. Shikhov S.S., Vorontsova V.Ye. Oborudovaniye pomozhet sootvetstvovat' trebovaniyam mezhdunarodnykh pishchevykh standartov [Equipment will help to meet the requirements of international food standards]. *Myasnyye tekhnologii – Meat technologies*, 2016, no. 1 (157), pp. 32-33.
17. Shcherbak T.A., Ageyeva A.A. Tekhnologii i oborudovaniye pishchevykh proizvodstv [Technologies and equipment for food production]. *V sbornike: Budushcheye nauki-2016 Sbornik nauchnykh statey 4-y Mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchnoy konferentsii : v 4-kh tomakh* [In the collection: The Future of Science-2016 Collection of scientific articles of the 4th International Youth Scientific Conference: in 4 volumes]. Moscow, 2016, pp. 128-130.