



Разработчик-программист

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

**«Разработка программного продукта
для оптимизации промышленного производства»**

Автор – Марталлер Павел Николаевич

Омск, 2023 г.

**Дипломная работа «Разработка программного продукта
для оптимизации промышленного производства»**

Содержание

Введение

На сегодняшний день промышленность, бесспорно, удовлетворяет человеческие потребности во всех сферах жизнедеятельности. Сложно и вообразить потребность, в удовлетворении которой не проявило бы себя промышленное производство.

Технический прогресс сегодня движется семимильными шагами, и, подпитываемый передовыми научными открытиями, предоставляет широкие и уникальные возможности для промышленного производства.

Однако, говоря о промышленных предприятиях России, в том числе и в первую очередь о крупных производствах, сталкиваются с нерациональным подходом к управлению качеством выпускаемой продукции и к управлению производством в целом. Многие из этих производств на сегодняшний день чрезвычайно статичны, «неповоротливы», решения руководства зачастую ущербны в бюджетном, кадровом, материально-техническом и других планах. В менеджменте качества уже на протяжении более 40 лет основными инструментами управления остаются признанные несостоятельными и ущербными методы и стандарты.

Таким образом, отечественная промышленность, имея передовое материально-техническое оснащение, препятствует рациональному развитию своего производства, не принимая открывающиеся прогрессивные технологические возможности. Говорить о «косности» руководителей со «старыми» устоями, а также о практически отсутствующей внутренней конкуренции на российском рынке не буду. А сделаю акцент на то, что эти руководители снова и все с большей силой заявляют о необходимости постоянного повышения качества выпускаемой продукции. Нетрудно предвидеть, что само бурное развитие технологий и складывающаяся ситуация на мировой политической арене потребуют у производств соответствовать предложениям и вызовам времени не на словах, а на деле, в отечественном промышленном секторе развяжется конкуренция.

Изучив некоторые материалы о борьбе производителей за измерительную информацию, прихожу к выводу, что ставка на достоверную, своевременную и полную измерительную информацию играет ключевую роль в оптимизации производства и повышении качества продукции. Получение такой выигрышной информации станет конкурентным преимуществом производителей. За эту информацию, ее получение и безопасность, уже начинается, а где-то идет активная борьба среди промышленных производств.

Производство в значительной степени можно оптимизировать посредством внедрения информационных технологий, которые позволят автоматизировать многие процессы, получать своевременную и значительно более развернутую информацию – ту самую полезную информацию – о состоянии производства, что позволит руководству принимать оперативные

и гибкие решения по управлению производством, делая его более качественным, менее ресурсозатратным, способствуя росту производственных объемов, повышению конкурентоспособности бизнеса на отечественном и зарубежных рынках.

Итак, информационные технологии, имеющийся у меня инструментарий программиста будут применены для комбинации аппаратного и программного обеспечения с целью оптимизации промышленного производства. Производство будет «научено» своевременно и автоматизировано сообщать о состоянии своих процессов, аккумулируя полезные данные в одном месте. Данная информация будет обрабатываться разработанной в моей работе программной системой, которая будет выдавать заинтересованным лицам исключительные сведения для эффективного управления производством.

Глава 1. Информационные технологии в организации промышленного производства

1.1 Промышленное производство и особенности его цифровизации

Понятие промышленного производства имеет несколько отличных друг от друга определений. Сформулирую здесь наиболее общее определение, раскрывающее суть понятия для дальнейшего описания в своей дипломной работе. Промышленное производство – это самый сложный регулируемый людьми механизм, включающий в себя как собственно производственно-технологические подразделения, осуществляющие производство полуфабрикатов, деталей, компонентов, сборочных единиц из исходного сырья и материалов, а затем сборку из этих элементов и дальнейшую реализацию готовой продукции, удовлетворяющей потребностям рынка, так и большое количество вспомогательных подразделений, которые часто объединяют единым названием «инфраструктура» производства.

Хочется заострить внимание на том, что производство – это именно сложная, разветвленная «инфраструктура», и когда ставится вопрос о повышении качества выпускаемой продукции в частности и об оптимизации производства в целом, то решение такой задачи приобретает сложный многофакторный характер. Не углубляясь в дебри этой «инфраструктуры», скажу только несколько слов о ней, чтобы раскрыть масштаб поднятого вопроса.

Например, на любом промышленном предприятии имеется штат метрологов. Это такие специалисты, которые осуществляют так называемое метрологическое обеспечение производства и являются своего рода инспекторами над рядовыми контролерами, а также над технологами и некоторыми другими ключевыми подразделениями. Посмотрите на деятельность инженера-метролога хотя бы только в части контроля параметров (характеристик) изготавливаемой продукции на какой-нибудь из многочисленных стадий производства: скажем, классическая проверка геометрических параметров изделия требует от такого специалиста знаний и навыков владения сложным роботизированным и программно-управляемым координатно-измерительным оборудованием, а условия проведения контроля устанавливают целый ряд требований, таких как температурные и влажностные кондиции, отсутствие вибраций и электромагнитных полей в зоне контроля, правильно подобранный и настроенный измерительный инструмент и пр. Здесь я даже не говорю о том, учтена ли неопределенность измерений при приеме очередной детали, достаточное ли количество нормируемых параметров в технологии для обеспечения требуемых свойств и т.д. На то и инженер, чтобы это проверить. И за этими специалистами зачастую стоит последнее слово в вопросе оценки качества по тем или иным характеристикам продукции.

Подтянем сюда отдел планирования, который, например, каким-то образом должен узнавать о состоянии инструмента, производящего или измерительного, о состоянии приспособлений и оснастки и пр., и планировать их своевременное приобретение и обеспечение рабочих участков. В случае массового производства и широкой номенклатуры, постоянно развивающегося и расширяющегося производства, а также дорогостоящего инструментального обеспечения, что не позволяет закупать его впрок, работа планировщика превращается в настоящую и постоянную научно-исследовательскую деятельность. Многофакторность, и среди этого человеческий фактор, огромное количество перекрестных данных о производственных процессах и попытка их обработки вручную или на «авось», заявляют о себе не в самом лучшем свете. И так далее любое подразделение «инфраструктуры» затронут подобные проблемы. Таким образом, контролеры, метрологи, технологи, конструкторы, сборщики, испытатели, логистика, производственники высокотехнологичных и инфраструктурных предприятий, связанные в единый механизм, показывают неэффективность своего труда, ввиду несогласованности действий, неожиданно выявленном отсутствии на рабочем участке требуемого инструмента, браке или ошибке в технологии, неправильной логистике перемещения продукции по участкам производства и т.п., что выражается в просадке производительности, низком качестве продукции, периодических рекламациях. Механизм такого производства оказывается «слепым», не оптимизированным и ущербным.

Теперь хочу перевести внимание на рабочее место оператора станка. Почему? – Потому что по заключениям некоторых российских экспертов-производственников, а также согласно многолетней успешной практике зарубежных производств, именно в этой «точке» производства продукт начинает приобретать свою форму, свои товарные характеристики – непосредственно в текущий момент. Именно в этот момент и в этой «точке» производства необходимо начать отслеживать контрольные параметры как самого изделия, так и производящего и измерительного оборудования, – это так называемый активный контроль. Отслеживать не только для того, чтобы видеть изменение того или иного параметра от детали к детали, но и оперативно влиять на ход производства последующей детали, уводя контрольные параметры от их предельно допустимых границ-допусков в область стабильных паспортных номиналов.

Вот, казалось бы, и найдено уязвимое место, на котором и стоит сосредоточить все производственные усилия, метрологический и технологический потенциал. Однако сохраняющийся повсеместно на отечественных производствах консервативный подход к этому вопросу может привести к нелепой и даже совершенно бессмысленной ситуации: у каждого станка будет находиться целый отряд самых разных специалистов, которые будут осуществлять этот активный контроль – каждый по своей части. Действительно, не отдать же всю эту

работу на откуп оператору станка? А почему не отдать? – Можно и отдать. Теперь непосредственно в производстве такого активного контроля вовлекается оператор станка. Теперь это уже не просто рабочий, а инженер, специалист, и довольно широкого профиля: он и технолог, и метролог, и статист. Именно с такой идеей выступают сегодня и мотивируют молодых производителей эксперты уходящего поколения. Нам же остается только догадываться, когда этот новоявленный специалист будет делать свою основную работу оператора станка?

В любом исходе – будет ли отряд специалистов работать у станка или всю работу по активному контролю возьмет на себя оператор – результаты такой работы при консервативном, «костном» подходе оказываются бесполезными. Множество взаимосвязанных и взаимозависимых данных активного контроля нужно оперативно обрабатывать, строить статистические тренды и предпринимать соответствующие шаги для сохранения стабильного качества продукции на всех операциях производства. Без внедрения информационных технологий в организацию производства такая задача оказывается непосильной. Действительно, осуществлять активный контроль сразу нескольких параметров, вести по ним статистику и принимать оперативно решение по управлению производством одному оператору с небольшим набором ручных средств измерений как невозможно, так и неправомерно.

Прислушиваясь к опыту экспертов, описанному выше, в своей работе я беру на вооружение предлагаемую тактику всестороннего активного контроля характеристик изделия, а также технических параметров производящего оборудования и условий производственной среды непосредственно в момент изготовления продукта. Технический прогресс в производственной сфере позволит получить достоверную, своевременную и полную информацию о текущем состоянии производства изделия, а уровень развития информационных технологий предоставит возможность данную информацию превратить в полезную и конкурентную, обеспечить ее сохранность и безопасность.

Первым шагом на пути решения вопроса повышения качества и борьбы за информацию является цифровизация производства. В условиях цифровизации экономики России цифровизация производства – это естественный процесс. И в первую очередь, начать его на производстве можно посредством замены на рабочем месте оператора всех ручных средств измерений (СИ) на СИ с цифровой шкалой. Контроль основных параметров изделия при этом производит сам оператор у станка (активный контроль), а показания передаются цифровым прибором прямо в головной компьютер. Известные фирмы-производители СИ уже давно снабжают свои электронные СИ такими передатчиками.

Существует также множество технических решений для автоматизированного (без участия человека) контроля технического состояния производящего оборудования, и, конечно, состояния окружающей производственной среды. Цифровые СИ, датчики и механизмы

контроля состояния станка и производящего инструмента, средства контроля производственной среды я рассмотрю далее в этой главе, для того чтобы в самых общих чертах представить широкие возможности и особенности цифровизации производства. Работа некоторых из них будет имитирована в программном коде моей работы. То же касается и цифровизации деятельности отделов (производственных, службы качества, планирования, сборки, испытаний и пр.) и отдельных работников в них.

Подведу промежуточный итог на этом этапе. В головном компьютере аккумулируются и обрабатываются контрольные данные, поступающие со всех отделов, оборудования, работников в оперативном режиме. Такой первый цифровой шаг позволит:

1. следить за качеством в процессе производства (за состоянием инструмента, допусков, оборудования и пр.),
2. исключить/сократить влияние человеческого фактора
3. получить и обработать совокупно большой объем измерительной и производственной информации в короткий промежуток времени при помощи ЭВМ и принять оперативное решение. Оператор оборудования, производя контроль характеристик изделия на месте в штатном порядке, но пользуясь цифровыми СИ, а вместе с ним в автоматическом режиме работающие механизмы контроля параметров оборудования и окружающей среды, предоставляют компьютеру осуществлять одновременно сбор, обработку и транспортировку большого числа контрольных данных. Цифровая же обработка в считанные секунды устанавливает сложные связи между получаемыми данными не одного, а множества станков, и даже не на одном, а на множестве предприятий, географически разнесенных возможно на сколь угодно большие расстояния, позволяет выявлять причины отклонения контролируемых количественных и качественных параметров и предлагает моментально схемы решения об управлении производством. Заинтересованные лица наблюдают производственную картину целиком как в динамике, так и в статике (цифровой срез производства).

Приведу лишь небольшой список «традиционных» измерительных инструментов, которыми пользуется сегодняшний «традиционный» оператор станка. Это всем известный штангенциркуль, измерительная скоба, высотомеры, твердомеры, профилометры, различные нутромеры и прочие СИ с механическими шкалами. Рассмотрим цифровизацию СИ на примере штангенциркуля. Классический штангенциркуль с обычной шкалой в виде рисок снабжается цифровой шкалой и платой с Bluetooth-беспроводной передачей данных измерения. В Приложении 1 представлен такой штангенциркуль – Digimatic с системой беспроводной передачи данных U-WAVE Bluetooth от японского производителя «Mitutoyo». Такими технологиями снабжается и множество других СИ самого разного назначения: для контроля механи-

ческих, тепловых, электромагнитных, физико-химических, оптических, акустических и других характеристик. Список производителей такого оборудования на сегодняшний день чрезвычайно велик. Оборудование известных фирм-производителей – «Zeiss», «Leitz», «Starrett», «Werth», «Mahr», «Mitutoyo», «APPA TC», «Fluke», «Pendulum», «Hexagon», «Уран», «Интра Тул», «Testo», «Rigol» и др. – можно определенно встретить на современных отечественных предприятиях любого уровня.

Не меньшую внимательность нужно проявить к контролю над состоянием станка или, в более общем смысле, производящего оборудования, а также к контролю условий производственной среды. Проверка производящего оборудования – это, определенно, то, что требует первостепенного мониторинга – расстроенный инструмент точного изделия не произведет, процесс производства будет нестабилен. И в этом вопросе технический прогресс прошел большим путем и достиг хороших результатов. Так, опытным многолетним путем выработана простая и эффективная схема контроля процессов производства непосредственно в ходе изготовления продукта. Наиболее полно ее приводит широко известная компания «Renishaw» в своей «Пирамиде эффективного производства» (см. Приложение 2). Последовательность технологического процесса производства изделия состоит из четырех стадий:

1. Заблаговременно до начала изготовления производятся проверки, относящиеся к уровню базовых показателей технологического процесса: контроль входных характеристик процесса, контроль стабильности параметров окружающей среды, а главным образом, оптимизация состояния станка посредством оценки эксплуатационных показателей, калибровки и, при необходимости, восстановление станка, что позволяет привести его параметры в соответствие с требованиями к процессу.
2. Непосредственно перед началом изготовления производится ряд операций, позволяющих прогнозировать успешное выполнение процесса: наладка инструмента, установка заготовки с привязкой к системе координат станка, наладка станка с выставлением поворотных осей и крепежной оснастки и установкой положения центров вращения опорных поверхностей и контрольных точек на оснастке.
3. Во время изготовления выполняется контроль в процессе обработки изделия с целью автоматического учета состояния изделия, неизбежных и непредвиденных отклонений инструмента при работе оборудования и фактических условий среды в конкретный момент. Это позволяет оперативно влиять на систему координат, коррекции, другие параметры и на алгоритм выполнения программы, сообщать о неприемлемых изменениях в среде, выявлять смещение, износ или неисправность инструмента.

4. По завершении каждой производственной операции осуществляется послеоперационный контроль готового изделия, что позволяет протоколировать результат процесса, осуществлять проверку полученного изделия на правильность выполнения, а также следить в целом за процессом пооперационно, за его стабильностью, мониторить состояние станка и составлять график планового техобслуживания.

Такой подход к производству позволяет говорить о том, что процесс производства становится действительно контролируемым, прогнозируемым и предсказуемым, что в полной степени подтверждает данное в начале главы определение промышленному производству как сложнейшему регулируемому механизму.

Существует большое разнообразие типов станков, включая станки с вертикальными и горизонтальными столами вращения (шпинделями), несколькими шпинделями, устройствами автоматической смены инструмента и т.д. Габариты, быстродействие, точность и общие характеристики станков также варьируются в широких пределах. Технический прогресс предусматривает цифровизацию при реализации на станках практически всех известных задач и технологических процессов.

Предоставляемый сегодня широкий спектр датчиков для реализации рассмотренной выше «Пирамиды эффективного производства» позволяет интегрироваться в оборудование самого разного назначения. Датчики могут непосредственно устанавливаться даже в шпиндель и в revolverную головку, несущую сменный производящий инструмент. Датчики могут быть контактными и бесконтактными (лазерная система), и точности их чрезвычайно высоки, что позволит применить их и к оборудованию, производящему высокопрецизионные изделия авиационного и космического назначения.

Стоит упомянуть также о системах диагностики и калибровки оборудования, позволяющих проводить экспресс проверку оборудования. Например, система QC20-W, лазерные системы XL-80 и XK10 от упомянутой выше фирмы «Renishaw».

Скажу также о возможностях полного обмера характеристик изделия на любой стадии (операции) производства непосредственно у производящего оборудования. Универсальная система контроля деталей Equator (от «Renishaw») позволяет автоматически вносить коррекции на износ инструмента и представляет собой портативную программно-управляемую координатно-измерительную машину (КИМ) высокой точности. Существуют также стационарные КИМ, приспособленные для работы в паре со станком в условиях соответствующей производственной среды. Примеры таких КИМ – координатно-измерительная система DuraMax от «Zeiss», мобильная КИМ «Edge» типа «рука» от «Faro», оптическая измерительная станция M309 от «Vici Vision» и многие-многие другие. К совокупности к этому разработаны целые системы роботизации производства, например, промышленные роботы KUKA от

«КУКА Роботикс», автоматизированные системы подачи паллет с заготовками и «умные» цеховые транспортные системы от «Вектор Групп», и даже целые роботехнические комплексы от «Пумори Северо-Запад». С линейкой описанного выше оборудования и датчиков автоматизации, систем роботизации можно познакомиться в Приложении 3.

Все эти подходы к автоматизации и роботизации промышленного производства также является частью его цифровизации и входят в парадигму так называемой Индустрии 4.0.

В завершение данного раздела подведу краткие итоги. Рассмотрено понятие промышленного производства и дано описание в подтверждение его определения. Действительно, промышленное производство представляет собой сложный механизм, целую «инфраструктуру», эффективное управление которой не осуществимо без ее цифровизации. Рассмотрены широкие возможности и специфика цифровизации промышленного производства, предоставляемые техническим прогрессом. Теперь я могу говорить о цифровом представлении процесса производства: о деятельности каждого подразделения, о детальной работе каждого его участка я имею возможность собирать подробнейшие сведения и, главным образом, непосредственно с места производства, где изготавливаемое изделие приобретает свои товарные характеристики. Данная полезная информация аккумулируется и передается в головной компьютер непрерывно при помощи автоматизированных средств контроля, что позволит отслеживать динамику производства и оперативно повлиять на течение его процессов. Такая информация становится теперь важной и конкурентно необходимой для производителей. Таким образом, подготовлена основа для внедрения в цифровую картину производства программных продуктов и систем.