

УДК 65.011.56

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

¹Ковшов Е.Е., ²Москвичева И.С.¹ФГБОУ ВПО «Московский государственный технологический университет СТАНКИН»,
Москва, e-mail: e.kovshov@stankin.ru;²АО «НИКИМТ-Атомстрой», Москва, e-mail: mis-kostochka@mail.ru

Статья посвящена рассмотрению и определению потребности в автоматизации технологической подготовки операций неразрушающего контроля, в том числе в части электронного документооборота технологических карт. Определено место неразрушающего контроля в технологической подготовке промышленного предприятия при рассмотрении этапов создания нового изделия. Произведена оценка экономической эффективности разработки и внедрения нового актуального программного обеспечения, представляющего собой фундамент для информационной системы разработки технологических карт по различным видам неразрушающего контроля, объектам и элементам промышленности. На основании экспертных мнений и выполненных расчетов были сформулированы выводы по экономической целесообразности и эффективности нового программного обеспечения, а также по сокращению времени разработки технологических карт и увеличению производительности труда инженера-технолога лаборатории неразрушающего контроля.

Ключевые слова: экономическая эффективность, технологическая подготовка производства, электронный документооборот, неразрушающий контроль, прикладное программное обеспечение, технологическая карта

AUTOMATION DEVELOPMENT OF PROCESS CHARTS OF NONDESTRUCTIVE TESTING AS A METHOD OF IMPROVING THE ECONOMIC EFFICIENCY OF PRODUCTION

¹Kovshov E.E., ²Moskvicheva I.S.¹Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Moscow State University
of Technology «STANKIN», Moscow, e-mail: e.kovshov@stankin.ru;²The Joint-Stock Company NIKIMT-Atomstroy, Moscow, e-mail: mis-kostochka@mail.ru

This research identifies the need in automation of technological preparations for nondestructive testing, including the need in automation of document management of process charts. The role of nondestructive testing in technological preparations for consideration of the stages of new product creation of the industrial enterprise is determined. Economic efficiency of development and implementation of relevant new software is evaluated. New software is considered, as the basis of the information system for process charts development for different types of nondestructive testing, objects and elements of industry. The result of calculations and expert assessments shows the economic feasibility and efficiency of the new software. It is concluded that development of relevant new software allows reducing time of development of process charts and helps increasing the productivity of the process engineer nondestructive testing.

Keywords: economic efficiency, technological pre-production, document management, nondestructive testing, software, process charts

В период кризиса и санкционных действий со стороны западных стран, часть из которых являются поставщиками оборудования, материалов, сырья, программных продуктов, отечественным компаниям, особенно государственным предприятиям, приходится трансформировать свою деятельность, а именно: расширять производство и повышать уровень производительности, модернизировать технологическую базу. В связи с сокращением бюджетных средств и программой импортозамещения экономить денежные средства можно путем не только собственного производства сырья, станков, оборудования и т.п., но также за счет сокращения издержек производства, в том числе с помощью автоматизации рабочих процессов производства и более ло-

гичной организации действий между структурными подразделениями и внутри них.

С учётом возрастающих требований к скорости и степени автоматизации процесса контроля состояния парка технологических машин, конструкций, объектов наряду с приборными средствами для неразрушающего контроля (НК) на первый план выходят инструменты для подготовки технологических карт (ТК) контроля, обработки и надежного архивирования самих результатов контроля. Такими инструментами, как правило, являются специализированные (прикладные) программные средства и комплексы [2].

Управление данными о технологии производства (контроля) и его подготовки является составной и неотъемлемой частью

в промышленном производстве. ТК контроля является обязательной составляющей технологической документации (ТД) на любом предприятии, осуществляющем выпуск сложной наукоёмкой продукции. При помощи автоматизации основных технологических и производственных процессов можно добиться более гибкой управляемости предприятием, обеспечить требуемое качество выпускаемой продукции, повысить экономическую эффективность [3].

Для того чтобы определить место НК в структуре промышленного предприятия, рассмотрим этапы создания нового изделия, которые представлены на рис. 1.

(маршрутные и операционные ТК, карты контроля и т.д.). Ключевым звеном из этой последовательности для данной статьи являются ТК НК.

Исходя из разностороннего анализа предметной области и выполненных прикладных исследований, были разработаны версии программного обеспечения (ПО) «Техкарта ВИК» и «Техкарта по капиллярному контролю», предназначенные для технологической подготовки производства в части автоматизированного составления ТК по визуальному и измерительному контролю (ВИК) и капиллярному контролю (КК) сварных соединений. Актуальность



Рис. 1. Этапы создания нового изделия

ТПП следует сразу после проектирования и конструирования изделия и включает в себя поэтапный алгоритм подготовки к изготовлению. Одними из таких этапов являются определение порядка, методов, средств технического контроля качества (разрушающий и неразрушающий контроль) и разработка рабочей документации

разработки и применения ПО обусловлена отсутствием единого, унифицированного формата оформления выходного документа ТК, наличием неточностей и ошибок в ТК, нарушением требований содержания текстовой и графической части ТК, использованием различных, в том числе неактуальных, информационных источников

нормативно-технической документации для ТК, длительными сроками передачи и согласования ТК. Тем самым разработанные ПО уже на начальном уровне своего применения существенно сокращают длительность разработки ТК на основе формализации этапа подготовки и кодирования исходной конструкторско-технологической, методической и нормативно-технической информации. ПО представляет собой фундамент для информационной системы разработки ТК по различным видам контроля, объектам промышленности, элементам контроля (сварные соединения, наплавки, основной материал и т.д.). Эта информационная система может быть интегрирована в электронный конструкторско-технологический документооборот на основе применения универсального обменного XML-формата, а также позволяет оптимизировать схему обработки данных, уменьшить трудозатраты на выполнение отдельных технологических операций [3].

Автоматизация технологической подготовки неразрушающего контроля сварных соединений – достаточно сложный и подчас трудоемкий процесс, представляющий собой совокупность взаимосвязанных научно-технических процессов, обеспечивающих технологическую готовность проведения подобного рода контроля [4].

Для обоснования необходимости разработки и внедрения нового ПО специалисты обращаются к оценке его экономической эффективности, на основании которой будет видна материальная выгода и целесообразность нового продукта.

Разработка и внедрение нового ПО позволяет снизить трудозатраты инженера-технолога, связанные с рутинной работой, а также организовать более логичную и функциональную связь между взаимодействующими отделами на предприятии, что повышает экономические и хозяйственные показатели подразделений и предприятия в целом.

В связи с этим определению экономического эффекта всегда уделяется повышенное внимание. В частности, исследованию различных методических подходов к оценке экономического эффекта значительное внимание в своих работах уделяли следующие ученые и эксперты: Г. Галкин, Л. Трофимова, А. Поддубный, О. Чернов, Ж. Садыкова и др. [1].

Специфический характер проявления экономического эффекта требует и специальных методов и методик его определения. В целом можно выделить три основные группы методов, позволяющих определить эффект от внедрения: финансовые (они же количественные), качественные и вероят-

ностные [1]. При рассмотрении долгосрочных финансируемых проектов, зависящих от множества факторов, наиболее рационально использовать комбинацию этих методов. В случае с исследуемым проектом достаточно использовать финансовый метод для определения эффективности, т.к. затрачиваемые суммы денежных средств и период разработки и внедрения ПО невелики.

Согласно методике, предложенной в [5], показателем эффективности проектирования и внедрения нового ПО является ожидаемый экономический эффект, определяемый по формуле

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_p - E_n, \quad (1)$$

где \mathcal{E}_p – годовая экономия средств; E_n – нормативный коэффициент ($E_n = 0,15$); показывает размер минимально допустимой эффективности. В расчетах годового экономического эффекта используется нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений 0,15, поскольку мероприятия по автоматизации управления относятся к новой технике; K_n – капитальные затраты на проектирование и внедрение, включая первоначальную стоимость программы, рассчитываются с учетом длительности работ на определенном этапе.

Продолжительность работ можно рассчитать на основании экспертных оценок по формуле

$$T_0 = \frac{3T_{\min} + 2T_{\max}}{5}, \quad (2)$$

где T_0 – ожидаемая продолжительность работ; T_{\min} и T_{\max} – наименьшая и наибольшая, по мнению эксперта инженера-технолога, длительность работы.

Разработка и внедрение нового ПО на предприятии предполагает несколько этапов: разработка технического задания (ТЗ), анализ ТЗ, оформление и согласование ТЗ, разработка алгоритма (программного кода), доработка ПО, отладка и тестирование ПО, внедрение на предприятие, обучение технологов.

Данные расчетов ожидаемой длительности работ приведены в табл. 1.

В итоге из (2) имеем, что разработка и внедрение составляют 82 дня или 4 рабочих месяца.

Капитальные затраты на этапе проектирования K_k рассчитываются по формуле

$$K_k = C + Z_n + M_n + H, \quad (3)$$

где C – первоначальная стоимость программного продукта – стоимость программного пакета FastReport (13000 руб.), являющегося одним из лучших по своим функциональным и потребительским свойствам генератором отчетов для различных

сред и платформ разработки (.Net, VCL, FMX и др.); Z_n – заработная плата специалистов, задействованных на всех этапах проектирования и внедрения; M_n – затраты на использование ЭВМ на этапе проектирования и внедрения – с учетом внедрения на крупном действующем предприятии, принимаем за ноль; H – накладные расходы на этапе проектирования и внедрения – с учетом внедрения на крупном действующем предприятии, принимаем за ноль.

Разрабатывали и внедряли ПО два сотрудника предприятия, заработная плата которых за 4 месяца составила 320000 руб. (зарплата каждого в месяц составляет 40000 руб.).

В соответствии с (3) капитальные затраты при этом составят 333000 руб.

Если пользователь при экономии i -вида работ с применением программы экономит ΔT_i часов, то повышение производительности труда P_i определяется по формуле

$$P_i = \left(\frac{\Delta T_j}{F_j - \Delta T_j} \right) \cdot 100, \quad (4)$$

где F_j – время, которое планировалось пользователем для выполнения работы j -вида до внедрения программы (ч).

В табл. 2 представлен алгоритм работы инженера-технолога при разработке ТК до применения ПО и с помощью внедряемого ПО, а также вычисленное с помощью (4) повышение производительности труда.

Несмотря на то, что ВИК является наиболее простым и повсеместным методом НК, сложность разработки ТК по ВИК может отличаться. Это связано прежде всего со сложностью объекта контроля (сварного шва) и доступом к нему.

Экономии, связанную с повышением производительности труда инженера-технолога P , определим по формуле

$$\Delta P = Z_n \sum_i \frac{P_i}{100}, \quad (5)$$

где Z_n – среднегодовая заработная плата инженера-технолога.

На рассматриваемом предприятии в лаборатории НК разработкой ТК занимается 1 инженер-технолог, при этом экономия согласно (5) составит 440000–1400000 руб.

Экономический эффект от разработки и внедрения нового ПО, в соответствии с (1), составит от 390050 до 1350050 руб. в год.

Если рассматривать, что количество запросов на разработку ТК на начальном этапе останется неизменным, то, освобождая рабочее время, инженер-технолог будет иметь возможность повышать квалификацию, развиваться в предметной области, осваивать новые методы контроля.

Предполагается, что при более отлаженной, быстрой и эффективной работе по разработке ТК количество запросов от заказчиков возрастет.

Таблица 1

Длительность работ на этапах проектирования и внедрения

Наименование работ	Длительность работ, дней		
	минимум	максимум	ожидаемая
Разработка технического задания	1	2	2
Анализ технического задания	2	3	3
Оформление и согласование ТЗ	1	2	2
Разработка алгоритма	5	10	7
Доработки ПО	10	20	14
Отладка ПО	10	20	14
Тестирование ПО смежными организациями	10	20	14
Внедрение ПО на предприятии	20	30	24
Обучение технологов	1	2	2

Таблица 2

Работы инженера-технолога

№ п/п	Вид работ	До автоматизации, F_j , в зависимости от сложности ТК, мин	Экономия времени, ΔT , в зависимости от сложности ТК, мин	Повышение производительности труда P_i , в зависимости от сложности ТК, %
1	Ввод информации	20–40	15–35	300–700
2	Анализ и выборка данных	5–10	4–9	400–900
3	Подготовка и печать отчетов	5–20	4–19	400–1900

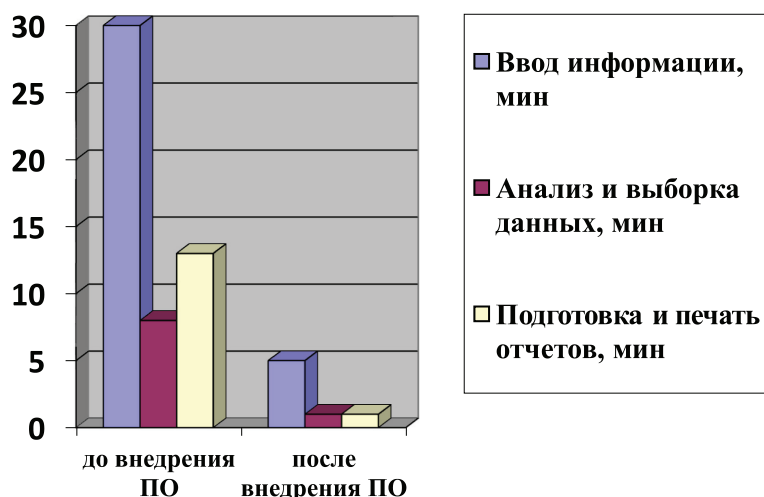


Рис. 2. Сравнительная характеристика длительности работ инженера-технолога по разработке ТК по ВИК до и после разработанного ПО

Для анализа эффективности созданного ПО были собраны экспертные мнения инженеров-технологов лаборатории НК, компетентных в составлении ТК по ВИК. Результаты представлены на рис. 2.

Из проведенного хронометража, анализа работы инженера-технолога в условиях реального производства и полученных численных результатов возможно резюмировать следующее:

– внедрение в эксплуатацию разработанного ПО позволило сократить время на ввод исходных данных в среднем с 15 до 35 минут;

– внедрение в эксплуатацию разработанного ПО позволило сократить время на анализ и выборку данных в среднем с 4 до 9 минут;

– внедрение в эксплуатацию разработанного ПО позволило сократить время на подготовку и печать отчетов (готовых ТК) в среднем от 4 до 19 минут;

– внедрение в эксплуатацию разработанного ПО позволило увеличить возможное количество разработанных ТК за день в среднем с 6 до порядка 50 из рас-

чета восьмичасового рабочего дня инженера-технолога;

– экономический эффект от разработки и внедрения нового ПО составит в среднем 870050 рублей в год.

Список литературы

1. Болотов Д.Н. Методические подходы к определению величины экономического эффекта от применения оптимизационных моделей для сокращения затрат на выполнение международных банковских переводов // Вопросы современной экономики. – 2013. – № 3.
2. Москвичева И.С., Ковшов Е.Е. Разработка прикладных информационных решений для технологической подготовки производства с использованием генератора отчетов // Научный альманах. – 2015. – № 9 (11).
3. Москвичева И.С., Ковшов Е.Е. Предпосылки разработки электронных технологических карт неразрушающего контроля в промышленности // Экономика и социум. – 2015. – № 3(16).
4. Ковшов Е.Е., Полковников А.В., Москвичева И.С. Автоматизация технологической подготовки визуального и инструментального контроля сварных соединений // Вопросы образования и науки: теоретический и методический аспекты: сб. науч. тр. по мат-лам Междунар. науч.-практ. конф. 30 июня 2015 г.: Часть 5. – Тамбов, 2015.
5. Поддубный А. Расчет экономического эффекта от внедрения системы автоматизации [Электронный ресурс]. – http://antegra.ru/news/experts/_det-experts/4.