

DOI: 10.26730/1999-4125-2020-1-12-19

УДК 658.5.012.1: 658.53

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ
ХРОНОМЕТРАЖА ЕГО КЛЮЧЕВЫХ ОПЕРАЦИЙ****OPTIMIZATION OF A TECHNOLOGICAL PROCESS BASED ON
TIME OF ITS KEY OPERATIONS****Тащиенко Виктор Прокопьевич,**доктор техн. наук, профессор, e-mail: v.tatsienko@gmail.com
Victor P. Tatsienko, Dr. Sc. in Engineering, professor**Шатько Дмитрий Борисович,**канд. техн. наук, доцент, e-mail: shdb.tm@kuzstu.ru
Dmitry B. Shatko, C. Sc. in Engineering, associate professor**Баканов Александр Александрович,**канд. техн. наук, доцент, e-mail: bakanovaa@kuzstu.ru
Alexander A. Bakanov, C. Sc. in Engineering, associate professor

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия,
г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesennyaya St., Kemerovo, 650000, Russian
Federation

Аннотация:

При реализации проектов по повышению эффективности производства исключительно важен анализ технологических процессов. Оптимизация технологических процессов является сложной задачей, целью которой является получение оптимального режима, позволяющего получить максимальный выход продукта при высоких качественных показателях и минимальной его себестоимости.

В статье представлены основные этапы работы, направленной на изучение возможностей оптимизации существующего техпроцесса изготовления резервуаров, в условиях одного из машиностроительных предприятий на основе рациональной организации производственного процесса, учета времени ключевых операций, а также совершенствования отдельных технологических операций.

В результате исследования накоплены статистические данные по хронометражу ключевых операций имеющегося технологического процесса, обозначены его «слабые места», выявлены возможности для сокращения трудоемкости на изготовление резервуаров в существующих условиях. Построен сетевой график, сформированы предложения по совершенствованию процесса изготовления резервуаров, обоснована возможность снижения принятой трудоемкости без изменения состава имеющегося технического оснащения и планировки.

Ключевые слова: Технологический процесс, хронометраж, технологическая операция, оптимизация, сетевой график, трудоемкость.

Abstract:

When implementing projects to improve production efficiency, analysis of technological processes is extremely important. Optimization of technological processes is a complex task, the purpose of which is to obtain the optimal mode, which allows to obtain the maximum yield of the product with high quality indicators and its minimum cost.

The article presents the main stages of work aimed at exploring the possibilities of optimizing the existing technological process for manufacturing tanks in the conditions of one of the machine-building enterprises on the basis of a rational organization of the production process, taking into account the time of key operations, as well as improving individual technological operations.

As a result of the study, statistical data on the chronometry of key operations of the existing technological process were accumulated, its “weaknesses” were identified, and opportunities for reducing the laboriousness of

manufacturing tanks in existing conditions were identified. A network schedule has been built, suggestions have been made to improve the manufacturing process of tanks, the possibility of reducing the accepted labor intensity without changing the composition of the existing technical equipment and layout is substantiated.

Key words: *Technological process, timekeeping, technological operation, optimization, network schedule, labor input.*

Теоретическим и практическим аспектам совершенствования технологических процессов (ТП) в условиях машиностроительного производства традиционно уделяется большое внимание. К одним из основных факторов максимизации доходов относится совершенствование производственного процесса на предприятии. Организация труда и эффективное построение производственных процессов влияют не только на получение прибыли, но и на скорость работы предприятия, объем затрачиваемых нематериальных и материальных ресурсов [1, 2].

В настоящее время совершенствование технологических процессов осуществляется на основе их автоматизации [3-6], количественной оценки [7], разработки методик повышения показателей качества [8], определения дополнительных факторов, влияющих на технологический процесс [9].

В рамках работ по совершенствованию отдельных операций ТП процессов осуществляется прогнозирование состояния металла заготовок [10], разрабатываются аналитические выражения для определения себестоимости промышленного изделия, расширяются возможности использования информационных технологий для снижения себестоимости многокомпонентных изделий [11].

Важным направлением оптимизации технологических процессов является исследование затрат рабочего времени, что необходимо для постоянного совершенствования нормирования труда, пересмотра и установления технически обоснованных норм труда при выявлении резервов на каждом рабочем месте [12-14].

Следует отметить, что реализация ТП сопряжена в большинстве случаев с огромным количеством взаимосвязанных операций, когда в работу вовлекается множество людей. В планировании и управлении сложными комплексами работ высокоэффективными оказались сетевые методы и модели на основе построения сетевых графиков [15].

Как уже было отмечено выше, оптимизации производственных процессов уделяется повышенное внимание со стороны руководства предприятий, однако, несмотря на это, в технологических процессах остается ряд системных проблем, вызванных следующими моментами:

- отсутствием хронометража ключевых операций существующего ТП как статистической

базы для формирования возможностей для улучшения;

- невыполнением ряда контрольных операций, предусмотренных существующим ТП;

- большой трудоемкостью изготовления конечного продукта и т.п.

С подобной проблемой столкнулось и руководство одного из машиностроительных предприятий Кузбасса при реализации полного цикла производства резервуаров. Для решения имеющейся проблемы была проведена научно-исследовательская работа, целью которой явилась оптимизация существующего технологического процесса изготовления резервуаров для достижения заданной трудоемкости в 1,4 ч/шт.

Данная работа предусматривала поэтапное решение ряда задач, среди которых: анализ ТП, проведение хронометража, построение сетевого графика, выявление возможностей для сокращения трудоемкости изготовления продукции в существующих условиях.

Оптимизация технологических процессов зависит от технических ограничений. В соответствии с полученным Техническим заданием таким ограничением в нашем случае выступает неизменность состава и характеристики имеющегося технического оснащения. Таким образом, неуправляемыми остаются факторы, связанные с состоянием и характеристиками оборудования. В качестве управляемых факторов выступают технологический маршрут обработки и его нормирование.

На начальном этапе работы был проведен анализ комплекта документов на технологический процесс изготовления резервуаров, который позволил сделать вывод о его качественной проработке. В картах технологических процессов имеет место перечень необходимого инструмента, оборудования, приспособлений и средств индивидуальной защиты. Достаточно внимания уделено контрольным операциям на всех этапах изготовления резервуара (входной контроль материалов, операционный контроль изготовления, приемочный контроль готовой продукции). Подробно и тщательно прописаны этапы изготовления и сборки составных элементов резервуаров.

Должное соблюдение требований существующего ТП должно дать гарантию получения на выходе изделия с требуемыми характеристиками.

Следующий этап работы предусматривал

Таблица 1. Нормы времени и фактическое время изготовления резервуара
Table 1. Standards of time and the actual time of manufacture of the tank

<i>№ операции</i>	<i>Название операции</i>	<i>Норма времени на единицу</i>	<i>Фактическое время</i>
<i>Обечайка</i>			
1	Резка на ножницах	0,0258	0,0620
2	Штамповочная	0,0361	0,0250
3	Зачистка	0,0256	-
4	Вальцовочная	0,0825	0,0440
	Итого	0,1700	0,1310
<i>Днище глухое</i>			
1	Газорезательная	0,0192	0,0150
2	Зачистка шабером	0,0199	0,0100
3	Штамповочная	0,0956	0,0960
4	Снятие фаски под сварку	0,0680	0,0570
5	Маркировочная	0,0065	0,0065
	Итого	0,2092	0,1845

проведение детального хронометража всех операций существующего техпроцесса реального производства от исходных материалов и заготовок до готового изделия.

Хронометраж ключевых операций существующего технологического процесса производства резервуаров осуществлялся с использованием комплекта видеонаблюдения Ginzzu НК-443D. Данный комплект обеспечил возможность одновременного подключения 4-х аналоговых камер, что позволило детально исследовать и провести хронометраж основных операции техпроцесса с различных ракурсов.

При хронометраже в автоматизированном режиме в расчет принимались отдельные операции, на которых технически возможно и целесообразно сократить время и снизить трудоемкость изготовления. Исходя из этих соображений, основной упор при хронометраже с использованием комплекта видеонаблюдения был сделан на сборочно-сварочный участок, как содержащий наибольшее количество потенциальных возможностей для улучшения. Каждая операция исследовалась в течение 3-х дней. Для обеспечения достоверности данных замеры осуществлялись 3 раза в смену – утром, в обед и вечером. Помимо хронометража с использованием комплекта видеонаблюдения на отдельных участках, где его использование по ряду причин нецелесообразно (сложность монтажа, единичные малозатратные по времени операции и пр.), хронометраж проводился по стандартной общепринятой методике в ручном режиме.

Далее был проведен анализ используемых норм времени и полученных в результате хронометража фактических данных. В качестве примера в таблице 1 представлены некоторые данные о расчетном времени отдельных операций

(обечайка, днище глухое) техпроцесса в сравнении с фактически затрачиваемым временем.

Анализ полученных в результате хронометража статистических данных, а также визуальной картины реального техпроцесса позволяет сделать следующие выводы:

1. Меньшее время отдельных операций по сравнению с нормативными значениями во многом обусловлено отсутствием (либо выполнением не в полной мере) контрольных и зачистных операций, предусмотренных существующим техпроцессом.

2. Большее время отдельных операций по сравнению с нормативными значениями вызвано:

- нарушениями существующего ТП, например, на операции «Резка на ножницах» при изготовлении обечайки резка осуществляется по разметке, а не по упору, как предусмотрено техпроцессом.

3. На некоторых операциях («Штамповочная», «Испытание водой», «Комплектовка») несколько большее время по сравнению с нормативными значениями находится в пределах статистической погрешности.

Суммарное фактическое время, затрачиваемое на изготовление резервуара в существующих условиях (планировочное решение, состав имеющегося технического оснащения) составило 1,4252 часа против 1,7768 часов нормативного времени, что обусловлено несоблюдением существующего технологического процесса.

Несоблюдение требований по обеспечению своевременного контроля заготовок приводит впоследствии к появлению брака, на исправление которого затрачивается дополнительное время. В рамках проведенного хронометража было зафиксировано наличие нескольких бракованных обечайек, подлежащих исправлению после

Таблица 2. Возможности для совершенствования отдельных операций техпроцесса изготовления резервуара

Table 2. Opportunities for improving individual operations of the manufacturing process of the tank

№ п/п	Операция	Несоответствие требованиям ТП
1	Резка на ножницах кривошипных	Резка листа на полосы осуществляется не по упору, согласно требованиям ТП изготовления заготовки обечайки, а по разметке.
2	Резка на ножницах кривошипных	Не проводятся контрольные операции, согласно требованиям ТП, в результате чего на следующий этап поступают заготовки с браком (непараллельность кромок).
3	Штамповка	Не проводится предварительный подгиб заготовки обечайки перед вальцовкой согласно требованиям ТП. В результате на операцию вальцовки подается плоская заготовка, что является причиной возникновения брака.
4	Вальцовка	Заготовки обечаек отсутствуют на установленном техпроцессом месте складирования (на позиции вальцовки).
5	Сварка обечайки	В нарушение ТП после сварки на роботе каждую обечайку сварщик доваривает в ручном режиме ввиду невозможности обеспечения качественного шва на выходе.
6	Сварка штуцера и днища	При сварке штуцера и днища в отдельных случаях происходит «забивание» резьбы брызгами металла.
7	Сварка штуцера и днища	При сварке штуцера и днища на роботе большое количество времени тратится на «позиционирование» сопла сварочной установки относительно штуцера.

Таблица 3. Загрузка оборудования

Table 3. Loading equipment

№ п/п	Операция	Загрузка оборудования
1	Штамповка	Пресс мод. К3732. Загрузка в смену – 20-25%.
2	Вальцовка	Вальцы. Загрузка в смену – 32-40%.
3	Сварка обечайки	Сварочная установка АС-308. Загрузка в смену – 30%.
4	Сварка штуцера и днища	Сварочная установка АС-305-2. Загрузка в смену – 65-70%.

операции вальцовки с не параллельностью кромок (торцов), что является результатом игнорирования контроля размеров на операции резки, а также состояния ножей ножниц кривошипных.

Следующий этап работы был посвящен выявлению возможностей для сокращения трудоемкости на изготовление резервуаров в существующих условиях. В этом плане большую перспективу имеют совершенствование отдельных операций техпроцесса и сокращение времени простоя оборудования.

Ниже представлены возможности для оптимизации процесса изготовления резервуара за счет совершенствования отдельных операций ТП на основе соблюдения всех его требований (таблица 2) и сокращения времени простоя оборудования (таблица 3).

Сокращение времени на изготовление резервуара при условии соблюдения требований технологического процесса может суммарно составить 6,8 мин. (0,11 часа):

3,3 мин. (сокращение времени операции резки

1-го листа) + 0,25 мин (сокращение времени операции вальцовки 1-й обечайки) + 1,26 мин (сокращение времени операции сварки 1-й обечайки) + 2 мин (сокращение времени сборочно-сварочной операции штуцера и днища) = 6,81 мин. (0,11 часа).

Анализ показал, что используемое оборудование с запасом перекрывает требуемую программу выпуска даже с учетом загрузки лишь в 20-40%. Это говорит о том, что применяемое оборудование обладает избыточной производительностью для данных производственных условий. Таким образом, данное оборудование имеет резерв по времени (сокращение времени простоя), позволяющий увеличить производительность на отдельных операциях в 3-4 раза.

Помимо этого, отмечена нерациональная загрузка рабочих – на одних операциях (вальцовка) имеет место «перепроизводство», на других – нехватка рабочей силы (прихватка подкладных колец вручную и сварка обечайки на сварочной

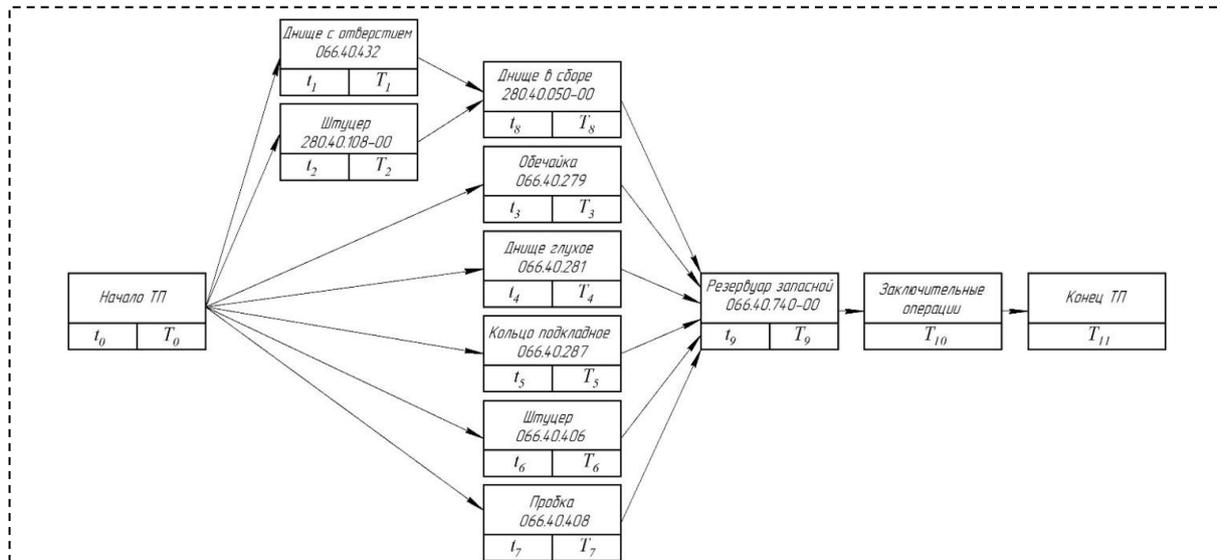


Рис. 1 Сетевой график существующего технологического процесса
Fig. 1 Network diagram of an existing process

Таблица 4. Сводные результаты расчетов
Table 4. Summary of calculations

Работа	Наименование	Раннее время начала	Позднее время начала	Резерв времени
T ₀	Начало ТП	0	0	0
T ₁	Днище с отверстием	0,2142	0,4106	0,1964
T ₂	Штуцер	0,2583	0,3665	0,1082
T ₃	Обечайка	0,1700	0,7076	0,5376
T ₄	Днище глухое	0,2092	0,862	0,6528
T ₅	Кольцо подкладное	0,0548	0,7958	0,7410
T ₆	Штуцер	0,1210	0,826	0,7050
T ₇	Пробка	0,0908	0,8485	0,7577
T ₈	Днище в сборе	0,3266	0,6248	0,2982
T ₉	Резервуар запасной	0,6186	0,6186	0
T ₁₀	Заклочительные операции (испытание, окрашивание, комплектовка)	0,9168	0,9168	0
T ₁₁	Конец ТП	0,9168	0,9168	0
Некритические работы (T ₁ -T ₈)				
Критические работы (T ₀ , T ₉ -T ₁₁)				

установке).

В целях выявления возможностей для сокращения трудоемкости изготовления резервуара за счет планировки производственного цеха был проведен анализ нормативной документации, который позволил сделать вывод, что существующее планировочное решение в полной мере соответствует действующим в настоящее время ГОСТам и рекомендациям. Принятая планировка логистически продумана и обеспечивает оптимальную реализацию существующего технологического процесса.

Существующее планировочное решение обеспечивает достижение показателей, указанных в Техническом задании, без необходимости внесения в планировку каких-либо изменений.

В то же время в рамках существующей планировки имеются резервы для сокращения трудоемкости изготовления резервуаров за счет механизации вспомогательных операций, таких как погрузка, разгрузка, переноска, осуществляемых в настоящее время вручную.

Данное решение целесообразно внедрять на участке сборки-сварки, испытаний и покраски

резервуаров, поскольку здесь имеется большая доля ручного труда по переноске крупногабаритных отдельных единиц. Для обеспечения этих перемещений в механизированном режиме рекомендуется конструктивно выполнить (продолжить существующий) Г-образный монорельс. Данное решение позволит обеспечить подвеску резервуаров на монорельс сразу после операции по сварке днищ на роботе, далее перемещение на операцию гидроиспытаний, далее проведение испытаний непосредственно без снятия резервуара с монорельса, далее перемещение на операцию покраски и после этого перемещение на монорельсе резервуара к позиции маркировки и упаковки.

Дальнейшее исследование вариантов снижения времени изготовления резервуара привело к необходимости определения критических операций, для чего был построен сетевой график (рис. 1).

Сетевой график позволяет по заданным значениям длительностей работ найти критические работы ТП и его критический путь. Для критической работы задержка ее начала приведет к задержке срока окончания ТП в целом. Такие работы не имеют запаса времени. Некритические работы имеют некоторый запас времени, и в пределах этого запаса их начало может быть задержано.

Сводные результаты расчетов времени работ приведены в таблице 4.

Для критических работ резерв времени равен нулю (см. табл. 4), исходя из чего, усилия технолога должны быть направлены на обеспечение своевременного выполнения этих работ. Для некритических работ резерв времени больше нуля, что дает технологу возможность маневрировать временем их начала и используемыми ими ресурсами.

Итак, выполнение работ по изготовлению Штуцера, Днища в сборе, Резервуара запасного, Заключительных операций согласно критическому пути показывает необходимость совершенствования данных технологических операций с целью снижения общего времени изготовления резервуара.

В результате проведенной НИР были выявлены несколько ключевых направлений оптимизации существующего технологического процесса изготовления резервуаров, которые в виде кратких рекомендаций представлены ниже.

I Технологические рекомендации:

1. Доработать технологическую документацию, а именно ввести в документы на технологические процессы изготовления запасных резервуаров требования, связанные с контролем состояния технического оборудования, инструмента и оснастки.

2. Обеспечить соблюдение требований

существующего ТП в части проведения контрольных и зачистных операций, осуществление резки заготовок обечайки по упору, а не по разметке и пр.

3. Обеспечить рациональные настройки роботизированного сварочного оборудования.

4. Обеспечить рациональную загрузку оборудования.

Соблюдение предлагаемых технологических рекомендаций позволит сократить суммарное время изготовления резервуара, снизить вероятность возникновения брака на различных этапах производства и тем самым сократить время, затрачиваемое на его исправление, а также снизить финансовые издержки, связанные с неисправимым браком, что положительным образом скажется на качестве заготовок.

II Организационные рекомендации:

1. Оптимизировать загрузку работников путем их использования на смежных операциях.

2. Рассмотреть возможность замены сдельной оплаты труда на повременную, что продиктовано выявленными резервами времени на изготовление резервуара. В этом случае целесообразно переработать существующие нормы времени с учетом фактических данных, при этом работники будут опираться на строго регламентированные нормы, не стремясь в погоне за количеством и в ущерб качеству сократить отдельные «невидимые» элементы техпроцесса – контроль, зачистка и пр.

Предложенные организационные рекомендации обеспечат сбалансированность технологического процесса, исключат простои на отдельных операциях и будут способствовать увеличению объемов выпуска резервуаров при их более высоком качестве.

III. Планировочные рекомендации:

1. Внедрить средства механизации в виде рольгангов и монорельсов на вспомогательных операциях, таких, как: погрузка, разгрузка, переноска.

2. Заменить гидравлические испытания на пневматические.

Данные решения обеспечат снижение доли ручного труда и сокращение трудоемкости изготовления резервуаров.

Таким образом, при реализации установленных возможностей для сокращения времени на отдельных операциях за счет:

- соблюдения техпроцесса;

- проведения контрольных и зачистных операций;

- внедрения средств механизации,

итоговая трудоемкость составит 1,3982 ч./шт: 1,4252 ч./шт. (результаты хронометража) + 0,091 ч./шт. (добавочное время на проведение контрольных и зачистных операций) – 0,11 ч./шт. (сокращение времени при соблюдении требований ТП) – 0,008 ч. (сокращение времени за счет изменения конструкции монорельса) = 1,3982

ч./шт.

Также следует отметить существенные резервы для увеличения программы выпуска за счет сокращения времени простоя оборудования. Данная мера позволит увеличить существующую

программу выпуска минимум на 30 % также без изменения состава оборудования и существующего планировочного решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафонова, М.С. Совершенствование производственного процесса на предприятии [Электронный ресурс] / М.С. Агафонова, Е.К. Торба, В.В. Морозова // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2017. – Т. 2. – С. 447-450. – Режим доступа: <http://e-koncept.ru/2017/570088.htm>. (дата обращения: 26.02.2020).
2. Кудряшов, Е.А. Материалы и технологические процессы машиностроительных производств [Текст] / Е.А. Кудряшов, С.Г. Емельянов, Е.И. Яцун, Е.В. Павлов. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. – 256 с.
3. Кульга, К.С. Совершенствование технологического процесса изготовления емкостного оборудования на основе автоматизации оптимального раскроя [Электронный ресурс] / К.С. Кульга, П.В. Меньшиков; Уфимский государственный авиационный технический университет (УГАТУ). // Современные тенденции в технологиях металлообработки и конструкциях металлообрабатывающих машин и комплектующих изделий: межвузовский научный сборник / ГОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет»; редкол. : В. В. Постнов (науч. ред.) [и др.]. – Уфа, 2011. С. 132-137. – Режим доступа: http://e-library.ufa-rb.ru/dl/lib_net_r/Kulga_Sovershenstvovanie_tekhnologicheskogo_prothessa_2011.pdf (дата обращения: 25.02.2020).
4. Хонин, К.А. Совершенствование технологического процесса в условиях автоматизированного производства [Электронный ресурс] / К.А. Хонин, Р.А. Ермолаев // Молодой ученый. – 2018. – № 25. – С. 151-155. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/211/51558/> (дата обращения: 25.02.2020).
5. Схиртладзе, А.Г. Технологические процессы автоматизированного производства [Текст] / А.Г. Схиртладзе, А.В. Скворцов. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2011. – 400 с.
6. Капустин, Н.М. Автоматизация производственных процессов и производств [Текст]: Учеб. для вузов / Под ред. Н.М. Капустина. – Москва: Высшая школа, 2014. – 415 с.
7. Соколова, Е.Ю. Повышение качества технологических процессов в машиностроении на основе его количественной оценки [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.02.23 / Елена Юрьевна Соколова ; ФГБОУ ВПО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева»; кафедра «Организация производства и управление качеством». – Рыбинск, 2013. – 28 с.
8. Полунин, В.А. Разработка методики повышения качества технологических процессов опытного производства [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.02.23 / Полунин Владимир Александрович ; Рос. гос. технол. ун-т им. К.Э. Циолковского (МАТИ). – Москва, 2007. – 22 с.
9. Гришина, Т.Г. Определение факторов, влияющих на технологический процесс [Текст] / Т.Г. Гришина, А.Н. Феофанов, Г.В. Юдин // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 7 (49) Часть 4. С. 14-17. doi.org: 10.18454/IRJ.2016.49.144
10. Выборнов, А.П. Сроки обследования сварных швов при эксплуатации сосудов, работающих под давлением [Текст] / А.П. Выборнов, Г.А. Бигус // Технология машиностроения. – 2019. – № 9.
11. Богинский, А.И. Конструкторские решения для оптимизации себестоимости продукции [Текст] / А.И. Богинский, А.А. Чурсин // Вестник машиностроения. – 2019. – № 8. С. 74-78.
12. Соколов, Я.В. Бухгалтерский учет для руководителей [Текст] / Я.В. Соколов, М.Л. Пятов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Проспект, : Велби, 2007. – 231 с.
13. Малинин, С.В. Формирование эффективной системы нормирования труда на предприятии [Текст] / С.В. Малинин. – Москва : Кодекс, 2013. – 71 с.
14. Организация и нормирование труда [Текст] / Под ред. В.В. Адамчука. – Москва: ЗАО «Финстатинформ», 2007. – 298 с.
15. Пелих, А.С. Экономико-математические методы и модели в управлении производством [Текст] / А.С. Пелих, Л.Л. Терехов, Л.А. Терехова. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2005. – 243 с.

REFERENCES

1. Agafonova M.S., Torba E.K., Morozova V.V. Sovershenstvovaniye proizvodstvennogo protsessa na predpriyatii [Improving the production process at the enterprise]. Kontsept. [Concept], 2017. V. 2. pp. 447-450.

URL: <http://e-koncept.ru/2017/570088.htm>. [Accessed 26.02.2020].

2. Kudryashov E.A., Yemel'yanov S.G., Yatsun E.I., Pavlov E.V. Materialy i tekhnologicheskiye protsessy mashinostroitel'nykh proizvodstv [Materials and technological processes of machine-building production]. Infra-Inzheneriya. [Infra-Engineering], 2016. 256 p.

3. Kul'ga K.S., Men'shikov P.V. Sovershenstvovaniye tekhnologicheskogo protsessa izgotovleniya yemkostnogo oborudovaniya na osnove avtomatizatsii optimal'nogo raskroya [Improving the technological process of manufacturing capacitive equipment based on automation of optimal cutting]. Sovremennyye tendentsii v tekhnologiyakh me-talloobrabotki i konstruktsiyakh metalloobratyvyayushchikh mashin i komplektuyushchikh izdeliy: mezhvuzovskiy nauchnyy sbornik. [Current trends in metal processing technologies and designs of metalworking machines and components: interuniversity scientific collection], 2011. pp. 132-137. URL: http://e-library.ufa-rb.ru/dl/lib_net_r/Kulga_Sovershenstvovanie_tekhnologicheskogo_prothessa_2011.pdf. [Accessed 25.02.2020].

4. Khonin K. A., Yermolayev R.A. Sovershenstvovaniye tekhnologicheskogo protsessa v usloviyakh avtomatizirovannogo proizvodstva [Improvement of the technological process in the conditions of automated production]. Molodoy uchenyy. [Young scientist], 2018, no 25. pp. 151-155. URL: <https://moluch.ru/archive/211/51558/>. [Accessed 25.02.2020].

5. Skhirtladze A.G., Skvortsov A.G. Tekhnologicheskiye protsessy avtomatizirovannogo proizvodstva [Technological processes of automated production]. Infra-Inzheneriya. [Infra-Engineering], 2011. 400 p.

6. Kapustin N.M. Avtomatizatsiya proizvodstvennykh protsessov i proizvodstv [Automation of production processes and production]. Vysshaya shkola. [Higher School], 2014. 415 p.

7. Sokolova E. YU. Povysheniye kachestva tekhnologicheskikh protsessov v mashino-stroyenii na osnove yego kolichestvennoy otsenki [Improving the quality of technological processes in mechanical engineering based on its quantitative assessment]. Aavtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. [author. dis. ... cand. tech. sciences]. Rybinsk, 2013. 28 p.

8. Polunin V.A. Razrabotka metodiki povysheniya kachestva tekhnologicheskikh protsessov opytnogo proizvodstva [Development of methods for improving the quality of technological processes of pilot production]. Aavtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. [author. dis. ... cand. tech. sciences]. Moscow, 2007. 22 p.

9. Grishina T. G., Feofanov A.N., Yudin G.V. Opredeleniye faktorov, vliyayushchikh na tekhnologicheskyy protsess [Determination of factors affecting the technological process]. Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. [International Research Journal], 2016, no 7 (49), V. 4. pp. 14-17.

10. Vybornov A. P., Bigus G.A. Sroki obsledovaniya svarykh shvov pri ekspluatatsii sudov, rabotayushchikh pod davleniyem [Duration of inspection of welds during operation of pressure vessels]. Tekhnologiya mashinostroyeniya. [Technology of mechanical engineering], 2019, no 9.

11. Boginskiy A.I., Chursin A.A. Konstruktorskiye resheniya dlya optimizatsii sebestoimosti produktsii [Design solutions for optimizing the cost of production]. Vestnik mashinostroyeniya. [Bulletin of mechanical engineering], 2019, no 8. pp. 74-78.

12. Sokolov YA.V., Pyatov M.L. Bukhgalterskiy uchet dlya rukovoditeley [Accounting for managers]. Moscow, 2007. 231 p.

13. Malinin S.V. Formirovaniye effektivnoy sistemy normirovaniya truda na predpriyatii [Formation of an effective system of labor standards at the enterprise]. Moscow, 2013. 71 p.

14. Adamchuk V.V. Organizatsiya i normirovaniye truda [Organization and regulation of labor]. Moscow, 2007. 298 p.

15. Pelikh A.S., Terekhov L.L., Terekhova L.A. Ekonomiko-matematicheskkiye metody i modeli v upravlenii proizvodstvom [Economic-mathematical methods and models in production management]. Rostov-on-Don, 2005. 243 p.

Поступило в редакцию 27.03.2020

Received 27 March 2020