

УДК 336.02:621.09

АНАЛИЗ ЭФФЕКТА ОТ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Смородина М.И.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

E-mail: ibm5-moskwa@rambler.ru

В статье рассматривается целесообразность применения автоматизации при выполнении технологической подготовки производства и конструкторских работ. В качестве примера рассматривается изготовление деталей группы фланцы, втулки, валы на токарных станках с ЧПУ. Сопоставляется трудоемкость и стоимостные затраты при «ручной» и автоматизированной подготовке. Отмечаются особенности проведения работ и факторы, влияющие на принятые показатели. Устанавливается область эффективного применения средств автоматизации при рассмотренных условиях.

Ключевые слова: технологическая подготовка производства; системы автоматизированной подготовки производства; детали группы: фланцы, втулки, валы; трудоемкость и стоимостные затраты; эффект.

ANALYSIS OF THE EFFECT BY AUTOMATED TECHNOLOGICAL PRE-OPERATION OF MANUFACTURE

Smorodina M.I.

The expedient of employment of automatization during technological pre-operation of manufacture and designing is described in the clause. Manufacture of workpieces, including group of flanges, bungs and rollers, using numerically controlled lathe is analyzed for example. The labour costs and value expenses during “manual” and automatization pre-operation are compared. The pre-operation peculiarities and factors, influencing to accepted indexes, are analyzed. The field of employment of automatization according to analysed conditions is defined.

Keywords: Technological pre-operation of manufacture; systems of automatisated pre-operation of manufacture; workpieces: flanges, bungs and rollers; labour costs and value expenses; efficiency.

Для развития народного хозяйства необходим устойчивый рост экономики и обеспечение темпов роста производительности на средних и крупных предприятиях базовых отраслей не ниже 5% в год, что позволит к концу следующего десятилетия выйти на уровень ведущих экономик мира [1]. Необходимо создание условий для обеспечения благоприятных тенденций и в производственной, и в финансовой сфере. Для этого следует использовать различные пути совершенствования процессов производства.

В настоящее время трудно представить деятельность различных отраслей экономики, социальной сферы, финансов и других направлений жизни общества без использования средств автоматизации.

Автоматизация имеет практическое значение и открывает пути для успешного решения многих задач на производстве, касающихся снижения себестоимости изготовления продукции, сокращения длительности производственного цикла, облегчения условий труда, повышения качества проектных работ, управления и учета, а также повышения качества продукции и выполнения других задач. Но при этом следует учитывать, что стоимость автоматизированного оборудования в разы выше стоимости универсального оборудования, а также что приобретение и адаптация универсальных систем автоматизированного проектирования и расчетов или создание новых автоматизированных программ требует дополнительных затрат средств и времени.

В данной статье рассматриваются вопросы повышения эффективности технологической подготовки (ТПП) мелко- и среднесерийного машиностроительного производства, на объем продукции которого приходится примерно 70% всего объема продукции машиностроения, путем использования средств автоматизации [11].

Подготовка производства в соответствии со стандартами включает в себя следующие стадии создания: техническое задание, эскизный проект, технический проект, рабочая документация. Средства автоматизации могут быть использованы на разных стадиях подготовки.

Ускорение технологической подготовки может достигаться путем применения систем автоматизированного проектирования (САПР) при создании маршрутных и операционных технологических процессов обработки изделий, при выборе и проектировании оснастки и нестандартного оборудования, путем использования программного математического обеспечения (ПМО) при проведении расчетов, необходимых для обоснования принятия технологического решения, а также для оформления выходной документации и выполнения ряда других работ [3; 5]. Ускорение проявляется также, как и в случае использования традиционных методов технологической подготовки, в совмещении времени подготовки производства с временем обработки.

Нет сомнений в том, что использование информационных технологий и САПР является выгодным способом повышения эффективности подготовки производства.

В начале 60-х годов в нашей стране начали использовать ЭВМ для расчетов и моделирования, программирования и решения тех или иных задач в различных направлениях. В середине 60-х годов возникла необходимость автоматизации подготовки управляющих программ. Ручная подготовка программ была трудоемка и не обеспечивала эффективность подготовки

производства. В настоящее время создан ряд универсальных и специальных программных продуктов, используемых в производстве, которые свидетельствуют о той или иной степени их эффективности (табл. 1).

Таблица 1. Результаты использования элементов автоматизированного проектирования в машиностроительном производстве

Область использования САПР	Результат
1. Использование типовых решений при ТПП [7].	Трудоемкость разработки сокращается в зависимости от сложности детали в 6-18 раз. Затраты на разработку сокращаются не столь значительно: в 2-3 раза.
2. Использование системы CALS на предприятиях в США для конструкторской и технологической подготовки производства [8].	Время создания изделия снизилось в 1,5-2 раза. Затраты на подготовку снизились на 10-30%.
3. Использование базы данных для проектирования станочного оборудования для АЛ и АЛ, на которые есть аналоги [2].	Трудоемкость проектирования оборудования для АЛ и АЛ в целом снизилась на 6-8%, что в среднем по всему специальному оборудованию сокращает трудоемкость процесса на 1,5%.
4. Использование комплексной информации на обработку 100 различных деталей на ГПМ, управляемого по 6-ти координатам [12].	Сокращает штучное время на 20%, а подготовительно-заключительное время до 4 мин. с 90 мин. (при использовании традиционного оборудования).
5. Автоматизированный расчет расхода электроэнергии на всех приводах и устройствах станка при их проектировании [13].	Обеспечивается удобство и сокращение времени расчета показателей использования электроэнергии и времени на оформление документации до 30-40 мин.
6. Использование ПМО на зубообрабатывающих станках-полуавтоматах [12].	Сокращает время переналадки с 40 до 5 мин. В традиционных условиях переналадка занимает 40-90 мин., что составляет до 80% от общих трудозатрат.
7. Использование совмещенной разработки конструкции детали и маршрутного техпроцесса	Длительность разработки сократилась на: - в зависимости от сложности детали до 28%, в т. ч. - разработка конструкции оригинальных

изготовления деталей червячного мотор-редуктора [8].	деталей – 0,3-2,1 ч., маршрута изготовления – 0,9-3,2 ч.; - сокращение длительности для отдельных деталей было незначительным.
8. Создание ПМО позволяет оптимизировать конструкции инструментальных наладок и получать графическое изображение инструментальных блоков [9].	Трудоемкость проектирования наладок сократилась в 10-12 раз.
<p>9. Проектирование многошпиндельных головок для АЛ [14].</p> <p>Типизация техпроцессов</p> <p>Проектирование техпроцесса полностью</p> <ul style="list-style-type: none"> - для токарного станка на 1деталь - для операции штамповки 	<p>С использованием САПР проектирование занимает примерно 15 мин., (проектирование традиционным способом – 10-12 дней)</p> <p>Трудоемкость проектирования технологии сокращается в 3-4 раза.</p> <p>Объем технической документации на производство новой машины сокращается в 6-10 раз.</p> <p>Проектирование занимает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - с использованием САПР - традиционным способом 82 мин., 645 мин., 71 мин. 40 мин.

Сказанное подтверждает известные выводы, что автоматизация проводится там, где она эффективна.

Большой эффект дает применение комплексной автоматизации. В связи с этим имеется мнение, что экономический эффект от «лоскутной автоматизации» минимален, т. к. разработка и подготовка производства – сложный групповой процесс, в котором участвует множество различных специалистов, и поэтому автоматизация, внедренная лишь на одном участке производства, практически может не повлиять на конечный результат по всему производству [6]. Можно считать это мнение спорным. Перенесение частного на общее всегда противоречиво. При оценке целесообразности автоматизации надо иметь в виду следующие обстоятельства. На производстве могут иметься «узкие места». Не устранив проблемы в этих местах, нельзя будет добиться положительного эффекта, от, казалось бы, качественного проекта. Кроме того, использование высококвалифицированного труда и совершенных технологий, которые могут реализовываться с использованием методов автоматизации, обеспечат благоприятные условия труда, а также высокое и стабильное качество обработки и управления. И, конечно, бесспорна позиция, что «самое дорогое – это время», которое всегда надо беречь.

Проведение автоматизации требует затрат средств и времени, к тому же возможны разные направления и варианты предполагаемых разработок. В связи с этим целесообразна оценка технико-экономической эффективности выбранного направления автоматизации, которая будет заключаться в сопоставлении получаемой выгоды от использования автоматизированной системы и произведенных затрат на ее реализацию и использование.

Анализ экономического эффекта и целесообразности применения САПР ТП в данной работе проводится на примере сопоставления варианта «ручной» и автоматизированной технологической подготовки токарной обработки в условиях мелко- и среднесерийного производства деталей типа тел вращения средней сложности на станках-полуавтоматах с ЧПУ. Экономический эффект определяется как разница между полученным доходом и затраченными на его получение средствами.

Трудоемкость технологической подготовки определяется как сумма времени, затрачиваемого на разработку маршрутного техпроцесса (T_{MT}), разработку операционной технологии (T_{OT}), на графический контроль ($T_{ГК}$), технологический анализ и корректировку управляющей программы ($T_{ТА}$; $T_{кор}$):

$$T_{ТП} = T_{MT} + T_{OT} + T_{ГК} + T_{ТА} + T_{кор}$$

В расчетах принято и использовалось следующее:

- Коэффициент закрепления деталей в мелкосерийном производстве по ГОСТ 3.1121-84 $K_{закр} = 20 - 40$;
 - Тип деталей: фланцы, втулки, валы. Принятые для обработки детали относятся ко 2-ой и 3-й и группе сложности по принятой классификации [10];
 - Количество наименований обрабатываемых деталей – 86; годовая программа выпуска деталей – 230 100 шт.; количественный состав оборудования: токарные модули – 8 ед. (Данные условия приняты в соответствии с [4].
 - Процесс токарной обработки детали в среднем включает три операции и требует разработки трех управляющих программ (УП);
 - В течение месяца может потребоваться технологическая документация для изготовления 40 наименований деталей;
 - Годовой полезный фонд рабочего времени технолога – 1970 часов, среднее число рабочих дней в месяце – 20,75 (около 21 дня), рабочих часов в месяце – 164,2 ч. [16];
 - Средняя заработная плата инженера-технолога – 40 тыс. руб., средняя заработная плата технолога-программиста – 50 тыс. руб.;
-

– В процессе технологической подготовки имеется необходимость в проектировании нестандартной специализированной оснастки, на которую имеются аналоги, а также в ее изготовлении. Количество специализированной оснастки принимается равным 1–2% от общего количества ее наименований, т.е. 1 ед. оснастки на 10 деталяеопераций;

– Для осуществления САПР ТП и конструкторских работ необходимо приобретение дополнительного ПМО, в качестве которого в данной работе предполагается система ТехноПро и система интеграции технологической подготовки с конструкторским САПР.

Для условий традиционного варианта технологической подготовки используются нормативные данные по затратам времени на выполнение проектно-технологических и конструкторских работ (табл. 2), разработанные НПО «ОРГСТАНКИНПРОМ» [10].

Таблица 2. Нормативы времени на технологическую подготовку анализируемых деталей, часы

Наименование документа и этапа работы	Деталь группы сложности			
	I	II	III	IV
Маршрутный ТП (форма 2, ГОСТ 3.1105-2011)	2,22	4,19	9,47	21,00
Операционный ТП и УП для станков с ЧПУ	10,33	13,81	15,96	18,19

В настоящее время отсутствуют нормативы на разработку технологических процессов с использованием АСТПП. В связи с этим для получения норматива времени выполнения работ в автоматизированном режиме используется корректирующий коэффициент, уменьшающий время «ручной» подготовки. Исходя из анализа информации, представленной в табл. 1, этот коэффициент принимается равным для деталей второй группы сложности

$K_{кор II} = 6$ и для деталей третьей группы сложности - $K_{кор III} = 8$.

По расчетам время для разработки маршрутного процесса и трех операционных технологических процессов с тремя УП, в условиях «ручной» подготовки ТП, составит для:

- одной детали второй группы сложности – $(4,19 + 13,81 \times 3) = 45,62$ ч., для 40 деталей – 1 824,8 ч.; разработка займет 11,1 мес. при выполнении работы одним технологом (или один месяц 11-ью технологами);

- одной детали третьей группы сложности – $(9,47 + 15,96 \times 3) = 57,35$ ч., для 40 деталей – 2 294 ч., что займет около 14 мес. при выполнении работы одним технологом (или один месяц 14-ью технологами).

По расчетам время, необходимое для разработки маршрутного процесса и трех операционных технологических процессов и трех УП с использованием САПР, составит:

- одной детали второй группы сложности - 7,6 ч., для 40 деталей – 304,0 ч., что занимает 1,85 мес. при выполнении работы одним технологом (или в течение одного месяца двумя технологами);

- одной детали третьей группы сложности - 7,17 ч., для 40 деталей – 286,75 ч., что занимает 1,75 мес. при выполнении работы одним технологом (или в течение одного месяца двумя технологами).

Подготовка производства заданной номенклатуры деталей предполагает разработку конструкторской и технологической документации на изготовление и изготовление специализированной оснастки.

Затраты времени (трудоемкость T) на подготовку документации для изготовления отсутствующей нестандартной специализированной оснастки складываются из затрат времени на проектирование конструкторской документации ($T_{РД}$), включающей выполнение сборочного чертежа и деталировку, расчеты и спецификации, на нормоконтроль и технологический контроль, а также на технологическую подготовку ее изготовления ($T_{ТП}$): на маршрутные и операционные техпроцессы ($T_{МТ}$, $T_{ОТ}$), графический контроль и технологический анализ ($T_{ГК}$, $T_{ТА}$). Суммарное время на подготовку оснастки будет вычисляться по формуле:

$$T_{\text{спец.о}} = T_{РД} + T_{ТП} = (T_{\text{сбор.ч.}} + T_{\text{детал.}} + T_{\text{расч.}} + T_{\text{специф.}} + T_{\text{техн.к.}}) + (T_{МТ} + T_{ОТ} + T_{ГК} + T_{ТА}).$$

Затраты времени на проектирование нестандартной специализированной оснастки для рассматриваемых условий при «ручном» проектировании рассчитываются из предположения, что в состав одной сборочной единицы оснастки входят три детали, относящиеся к третьей группе сложности. Тогда в соответствии с [10] затраты на проектирование одной сборочной единицы специализированной оснастки будут составлять: $Z_{РД} = 7,76 \text{ ч.} \times 3 = 23,28 \text{ ч.}$, а затраты времени, приходящиеся на технологическую подготовку одной сборочной единицы, состоящей в среднем из трех изготавливаемых деталей, будут равны: $Z_{ТП} = 57,35 \text{ ч.} \times 3 = 172,05 \text{ ч.}$

Тогда затраты времени на проектирование специализированной оснастки и разработку технологии ее изготовления при «ручной» подготовке, приходящиеся на совокупность обрабатываемых деталей (4 единицы на 40 деталей) составят $Z_{РД} = (23,28 + 172,05) \times 4 = 781,3,98 \text{ ч.}$, что займет 4,8 мес.

Затраты времени на проектирование и технологическую подготовку специализированной оснастки с использованием САПР, приходящиеся на совокупность обрабатываемых деталей (40 деталей), полагая $K_{\text{кор III}} = 8$, составят $Z_{\text{спец.о.}} = 97,7 \text{ ч.}$, что займет 0,6 месяца.

В табл. 3 сопоставляются расчетные данные о суммарном времени на «ручную» подготовку производства и на подготовку с использованием САПР принятой совокупности деталей в 40 наименований.

Таблица 3. Трудоемкость технологической подготовки производства при разных вариантах ее выполнения, часы, (мес.) Получаемый эффект

Показатель эффективности технологической подготовки производства по трудоемкости при разных вариантах выполнения	Для деталей второй группы сложности		Для деталей третьей группы сложности	
	при «ручной» подготовке	при подготовке с использованием САПР	при «ручной» подготовке	при подготовке с использованием САПР
- время для ТП одной детали - время для ТП, ч. 40 наименований деталей, ч.	45,62 1 824,8 (11,1 мес.)	7,6 304,0 (1,85 мес.)	57,35 2 294 (14 мес.)	7,17 286,75 (1,75 мес.)
- время подготовки рабочей конструкторской документации на одну сборочную единицу специальной оснастки, ч. - время подготовки рабочей конструкторской документации на 4 сборочные единицы специальной оснастки, ч.			23,28 93,12	2,91 11,64
- время для ТП на одну сборочную единицу специальной оснастки, ч. - время для ТП на 4 сборочные единицы специальной оснастки, ч.			172,05 688,2	21,5 86,0
- суммарное время на подготовку специальной оснастки, ч.	III гр. 781,3 (4,8 мес.)	III гр. 97,7 (0,6 мес.)	781,3 (4,8 мес.)	97,7 (0,6 мес.)
Суммарное время на подготовку производства	15,9 мес.	2,45 мес.	18,8 мес.	2,35 мес.
Выгода				
Выгода, полученная от - сокращения времени подготовки - экономии заработной платы	13,45 мес. 513,5 тыс. руб.		16,45 мес. 634,5 тыс. руб.	

Расходы на оплату труда технологов при «ручной» подготовке указанной совокупности деталей, включая подготовку специализированной оснастки, соответственно составят:

- для деталей второй группы сложности - 40 тыс. руб. \times 15,9 = 636 тыс. руб. и
- для деталей третьей группы сложности - 40 тыс. руб. \times 18,8 = 752 тыс. руб.

Расходы на оплату труда технологов при технологической подготовке указанной совокупности деталей с использованием САПР соответственно составят:

- для деталей второй группы сложности – 50 тыс. руб. \times 2,45 = 122,5 тыс. руб.
- для деталей третьей группы сложности – 50 тыс. руб. \times 2,35 = 117,5 тыс. руб.

Расчет показывает, что при использовании САПР освобождается персонал, который может быть использован для выполнения других работ, ускоряющих производство, и, соответственно, сокращаются затраты на выплату заработной платы, связанной с подготовкой производства рассматриваемой номенклатуры деталей. Выгода от экономии заработной платы составят:

- для деталей второй группы сложности: – 513,5 тыс. руб.;
- для деталей третьей группы сложности: – 634,5 тыс. руб.

Для реализации автоматизированной подготовки требуется приобретение дополнительного программного обеспечения (ПМО). Полагаем, что средства вычислительной техники и универсальное ПМО (Microsoft Windows, Microsoft Excel, Microsoft Office и др.) на предприятии имеются.

Стоимость дополнительного ПМО (ТехноПро) принимается равной 69 600 руб. в расчете на год эксплуатации (включая 39 800 руб.- стоимость ТехноПро и 29 800 руб.- стоимость системы интеграции).

Эффект, получаемый за год эксплуатации за счет сокращения длительности подготовки производства 40 наименований деталей, являющийся разницей между выгодой от сокращения времени подготовки и затраченными средствами на дополнительное ПМО, будет составлять для деталей второй и третьей групп сложности, соответственно:

$$513,5 \text{ тыс. руб.} - 69,6 \text{ тыс. руб.} = 443,9 \text{ тыс. руб.}$$

$$634,5 \text{ тыс. руб.} - 69,6 \text{ тыс. руб.} = 564,9 \text{ тыс. руб.}$$

Проведенный выше расчет показал, что к факторам, влияющим на эффективность, относятся сложность деталей, серийность производства, его обновляемость и объемы партий запуска и выпуска деталей, а также стоимость программного обеспечения и др. Процесс поиска рационального выбора структуры технологических переходов, рациональных режимов резания, а также инструментальной оснастки также оказывает влияние на снижение трудоемкости и стоимостные затраты на проведение самой операции. Оптимизация технологического процесса

весьма сложна и зависит не только от указанных выше факторов, но и от метода оптимизации, от принятых критериев. Ее проведение возможно только с использованием средств автоматизации. Исследования, направленные на оптимизацию скорости резания по критерию минимальных приведенных затрат с учетом рассеяния стойкости инструментов, показали, что оптимизация указанных условий резания при обработке детали из стали 45 на токарном станке мод. 1725МФ3 пятиинструментной наладкой позволяет снизить затраты на операцию на 9% [15].

При анализе эффективности использования средств автоматизации возникает вопрос определения «границы безубыточности» процесса и области автоматизированной подготовки, так как много факторов предопределяют ее целесообразность.

Эффект возможен в том случае, когда затраты на автоматизированную технологическую подготовку производства будут меньше затрат на «ручную» подготовку. Учитывая принятое выше соотношение между нормативами времени на «ручную» и автоматизированную подготовку технологических процессов, корректируемое коэффициентом $k_{кор}$, получим неравенство, на основании которого можно определить величину допускаемого корректирующего коэффициента:

$$\text{Затраты на ТП}_{авт} + \text{Затраты на ПМО} \leq \text{Затраты на ТП}_{ручн};$$

$$\text{Затраты на ПМО} \leq \text{Затраты на ТП}_{ручн} - \text{Затраты на ТП}_{ручн}/k_{кор};$$

$$\text{Затраты на ПМО} \leq \text{Затраты на ТП}_{ручн} (1 - 1/k_{кор})$$

Тогда:
$$\frac{\text{Затраты на ПМО}}{\text{Затраты на ТП}_{ручн}} \leq \frac{k_{кор} - 1}{k_{кор}}$$

. Сопоставление результатов рассматриваемых вариантов подготовки и обработки деталей показывает, что:

1. Затраты, включая управленческие, материальные, на оплату станочных работников, на содержание помещений и т. п., за исключением затрат на ПМО, будут практически равными в случае «ручной» и автоматизированной технологической подготовки;

2. При большом объеме технологических и конструкторских работ, при доступной для предприятия стоимости дополнительного ПМО предпочтительна автоматизированная технологическая подготовка производства;

3. Равнозначными с точки зрения выгоды варианты «ручной» технологической подготовки и автоматизированной подготовки будут при соотношении величины затрат на «ручную» ТП и затрат на приобретение дополнительного ПМО, равном $k_{кор} / (k_{кор} - 1)$.

4. При высокой стоимости дополнительного ПМО и невысоких нормах времени на разработку технологических процессов следует отдавать предпочтение «ручной» подготовке производства.

5. Расчеты, проведенные в данной работе, являются прогнозными. Для получения достоверных результатов необходима информация по нормативам времени на разработку технологической и конструкторской документации в автоматизированном режиме или статистические данные по подготовке производства и производству деталей на конкретном предприятии, которые сейчас отсутствуют.

Список литературы

1. Послание Президента Федеральному Собранию 1 марта 2018:
www.Kremlin.ru/events/president/news/56957.
 2. Авцин В. И., Брон Л. С., Кеворков Ю. А., Портман В. Т., Скляревская Е. И., Черпаков Б. И. Автоматизированный банк данных по автоматическим линиям, агрегатным и специальным станкам // Автоматизация проектирования и технологической подготовки производства в станкостроении: Сб. науч. трудов. М.: ЭНИМС, 1985. С. 134–139.
 3. Брон А. М., Алавердов С. Г., Портман В. Т. Опыт эксплуатации АП-1 // Создание и эксплуатация автоматизированных комплексов из станков с ЧПУ: Труды института. М.: ЭНИМС, 1977. С. 100–109.
 4. Гиндин Д. Е. Некоторые итоги научно-исследовательских, опытно-конструкторских и проектных работ по созданию автоматизированного завода «Красный пролетарий» // Научно-технические аспекты разработки и реализации программы создания АЗ : Сборник научных трудов. М.: ЭНИМС, 1991. С. 19–26.
 5. Грачев Л. Н., Перцов Г. Н., Гатовский М. Б., Полевой А. И., Фридман Я. П. и др. Автоматизированная система подготовки токарных операций обработки деталей в патроне // Создание и эксплуатация автоматизированных комплексов из станков с ЧПУ: Труды института. М.: ЭНИМС, 1977. С. 69–77.
 6. Зыков О. Промышленная автоматизация: движение от САПР к PLM.(С использованием материалов компаний Dassault Systems и АСКОН). 2005
www.citforum.ru/oldbank.com>consulting/articles/plm.
 7. Капустин Н. М. Разработка технологических процессов обработки деталей на станках с помощью ЭВМ. М., Машиностроение, 1976. 288 с.
 8. Мешков Р. Б. Сокращение длительности подготовки производства деталей при современном конструкторско-технологическом проектировании: Дис. канд. техн. наук: 05.02.08 : 05.13.06. М.:МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. 198 с.
 9. Немировский П. З., Борозина Е. А., Краснов Ф. М., Айзингер С. Г., Черпаков Б. И. Автоматизация проектирования инструментальных наладок агрегатных станков и автоматических
-

линий // Автоматизация проектирования и технологической подготовки производства в станкостроении: Сб. науч. трудов. М.: ЭНИМС, 1985. С. 123–133.

10. Нормативы на проектно-технологические, конструкторские, научно-исследовательские и другие работы, выполняемые НПО «ОРГСТАНКИНПРОМ». М.: НПО «ОРГСТАНКИНПРОМ». 1984., 180 с.

11. Омеляненко В. А. Автоматизация технологической подготовки как способ повышения эффективности производства. Сумской государственный университет. // Украина. Международный экономический форум, 2010: be5.biz/economika1/2010/00642.htm.

12. Пичхадзе Ш.И., Филиппов Е.К., Зиновьева Г.В., Куранов А.Р. Основные направления гибкой автоматизации зубообработки // Проблемы создания гибких производственных систем и роботизированных технологических комплексов: Сб. науч. трудов. М.: ЭНИМС, 1986. С. 107–114.

13. Пратусевич Р. М., Литвак А. С., Михайлова С. М. Автоматизированный расчет расхода электроэнергии в станках на стадии их проектирования // Автоматизация расчетов и проектирования металлорежущих станков: Сб. науч. трудов. М.: ЭНИМС, 1988. С. 139–143.

14. Сокращение сроков и повышение эффективности подготовки производства: Единый центр дистанционного образования. Экономика и развитие предприятия.

[www.kulbakov.ru/page 34/page 45/index.html](http://www.kulbakov.ru/page%2034/page%2045/index.html).

15. Эстерзон М. А., Рыжова В. Д. Выбор режима резания для многоинструментных наладок станков с ЧПУ с учетом надежности инструмента // Станки и инструмент. 1983. № 7. С. 21.

16. [https://yandex.ru/images/ search ?text=](https://yandex.ru/images/search?text=)
