



Ключевые слова:
групповые инструментальные наладки, автоматизация проектирования, многоуровневая базовая технология, групповой установ

МЕТОДИКА СИНТЕЗА УСТАНОВОЧНЫХ ГРУППОВЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАЛАДОК

ЧАСТЬ 2

Юрий РАКУНОВ, Валерий АБРАМОВ, Александр РАКУНОВ

Рассматривается методика проектирования групповых наладок для научно обоснованной разработки системы автоматизированного проектирования (САПР) оптимальных групповых технологических процессов (ГТП). Приведены принципы проектирования групповых инструментальных наладок (ГИН), методика формализованного выбора и синтеза процесса оптимизации ГИН. Приведена таблица-матрица выбора установочного комплекта ГИН.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГРУППОВЫХ И ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАЛАДОК

Традиционная групповая технология использует понятие «комплексная» деталь [1, 2, 4, 12, 17]. Комплексная деталь – искусственно смоделированная, обычно реально не существующая деталь, составленная из обрабатываемых контуров и поверхностей без указания диапазона свойств (размеров) и точности их выполнения. С информационной точки зрения (иерархии уровней информации) эта деталь находится на уровне «типа» детали или заготовки, а не «типоразмера», тем более модели (конкретного исполнения изделия). Комплексная деталь – характерный и яркий пример преднамеренного смешения уровней информации: типы поверхностей взяты с других контуров и привязаны (путем наложения) для одного реального контура обработки (обычно наиболее сложного), что приводит к избыточности количества типоразмеров режущего инструмента (РИ) в ГИН, трудности ее наладки и переналадки.

В то же время, основные технологические решения принимаются в условиях явного недостатка

информации о типоразмерах скомпонованных поверхностей: отсутствуют их размеры и требования к их взаимному положению, к точности и шероховатости их обработки. Это не дает возможности синтезировать типоразмеры установов (групповых деталяеопераций), соответствующих типовым ГИН, грамотного выбора ТР РИ из типажа ГИН, а также не обеспечивает назначения режимов оптимального резания для всех проходов каждой моделью РИ. Это также не позволяет синтезировать и разрабатывать рабочую программную наладку для каждого установа (групповой деталяеоперации) [6–11, 15, 16, 19–22].

В предлагаемом варианте групповой технологии расстановка резцов по позициям револьверной головки (станки ТПК-125В, ТПК-125ВН1 и др.) любой индивидуальной или ГИН идет в последовательности их работы, предусмотренной индивидуальным или групповым технологическим процессом (ТП). Желательно, чтобы все шесть резцов в ГИН для обработки деталей с центральными отверстиями устанавливались параллельно оси шпинделя станка с одинаковым вылетом от торца планшайбы. Это обеспечивает минимизацию холостых ходов, удобство и быстроту наладки. Конструкция унифицированных резцов и планшайб позво-

* Начало см.: СТАНКОИНСТРУМЕНТ, 2020, № 4.

ляет изменять рабочую активную часть резцов в диапазоне от 15 (20) до 70 мм. Постоянство величины вылета для всех инструментов ГИН удобно, но не всегда оправдано с точки зрения оптимизации условий работы инструментов.

В контурных ГИН на 1-й позиции планшайбы устанавливают резец предварительной обработки наружного контура заготовки (00Цв, 00Цт, 00Тв, 00Тц), на 2-й и 3-й позиции – расточные резцы предварительной обработки контуров соответственно большего и меньшего диапазона. На 4-й, 5-й и 6-й позициях устанавливают резцы тех же ТР для финишной обработки. Оптимальной схемой установки финишных резцов является та, при которой расточной резец большого диапазона устанавливают на 4-й позиции, а меньшего диапазона – на 5-й. Шестая позиция закреплена за наружным финишным резцом (рис. 4). Такая последовательность финишной обработки обеспечивает отсутствие заусенцев при контурном окончательном точении. В этом случае из технологического маршрута исключается слесарная обработка для снятия заусенцев, то есть рутинная ручная работа.

При наличии в комбинированных групповых наладках резцов для обработки наружных и внутренних канавок на 1 позиции планшайбы револьверной головки также устанавливают наружный предварительный контурный резец. На 2 позиции – расточной предварительный резец, на 3 – наружный канавочный резец, на 4 – расточной канавочный резец, на 5 – расточной контурный финишный резец, на 6 – наружный контурный финишный резец.

Код наладки в этом случае может быть следующим: 4.00Цв.10Цт.НС.ВС.10Цт.00Цт.45.Ц70.

Из этого правила может быть сделано исключение в случае наличия в контуре детали угловых внутренних канавок, или когда наружная канавка прилегает к торцу, и для ее обработки используется наружный специализированный радиусный резец 00Кт (см. рис. 5).

При наличии в комбинированных наладках резцов только для наружных или только для внутренних канавок их устанавливают по позициям РГ друг за другом, соответственно, за наружным или расточным контурным предварительными резцами.

Минимизация холостых ходов и удобство наладки не единственные и явно недостаточные критерии оптимизации ГИН. Более весомыми и важными критериями являются качество прецизионных рабочих поверхностей деталей (площадь заданного качества F , $дм^2$) и производительность процесса обработки в данном установе, как состава переходов при работе отдельными инструментами. Именно на это обстоятельство обращают внимание авторы работ [4, 12], когда констатируют, что ГИН для «комплексной» детали (с увеличенными вылетами резцов и избыточным количеством РИ в ГИН) существенно уступают по точности обработки и производительности индивидуальным наладкам.

Данное положение убедительно иллюстрирует график зависимости поправочного коэффициента K_F (на площадь обработки заданного качества), как функции отношения длины к диаметру (l_p/d_p)

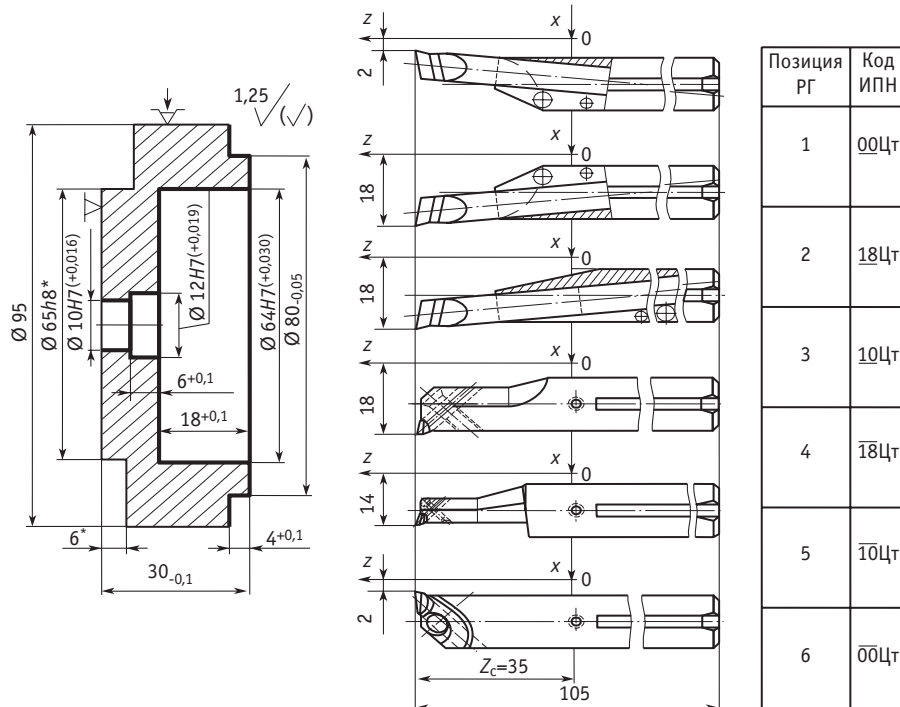


Рис. 4. Схема контурной ГИН из унифицированных контурных резцов для обработки деталей из цветных сплавов и сталей (код наладки: 4.00Цв.18Цт.10Цт.18Цт.10Цт.00Цт.35)

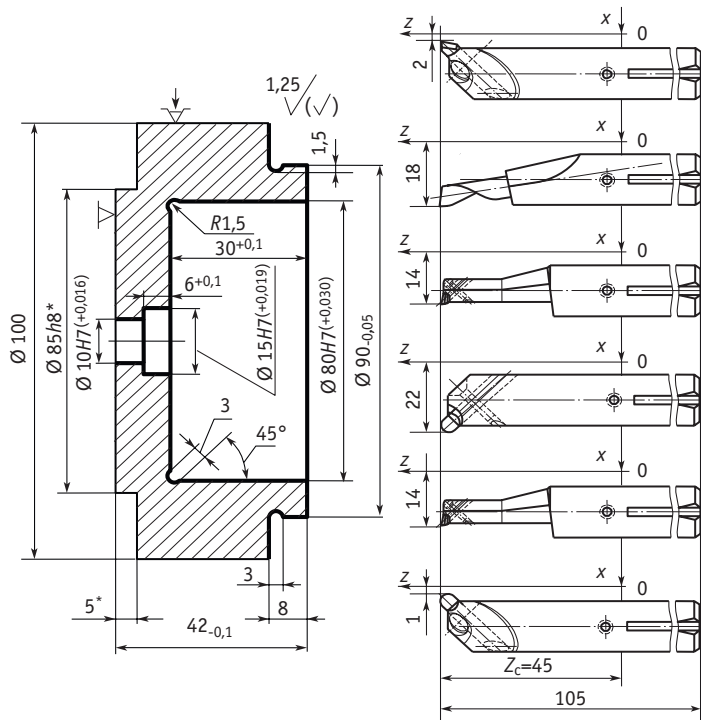


Рис. 5. Схема комбинированной ГИН из шести унифицированных контурных (ПИК) и специализированных резцов (ПСИ) для обработки деталей из цветных сплавов или сталей (код 4(1). 00Цт.18Цт-Вц. 10Цт.24Кр.10Цт.00Кт.45)

Позиция РГ	Код ИПН
1	00Цт
2	18Цт-Вц
3	10Цт
4	24Кр
5	10Цт
6	00Кт

растачиваемых отверстий и коэффициента K_3 – на подачу S_0 в зависимости от отношения вылета l_p к высоте державки h при растачивании и наружном обтачивании (рис. 6). На графике показано, что при увеличении вылета ($l_B/h > 1,5$) производительность (S_0) резко падает и достигает ~25% от номинальной при $l_B/h = 3,0$ для растачивания и ~35% – для обтачивания. Номинальное значение подачи S_0 в этом случае принято для $l_B/h = 1,0$.

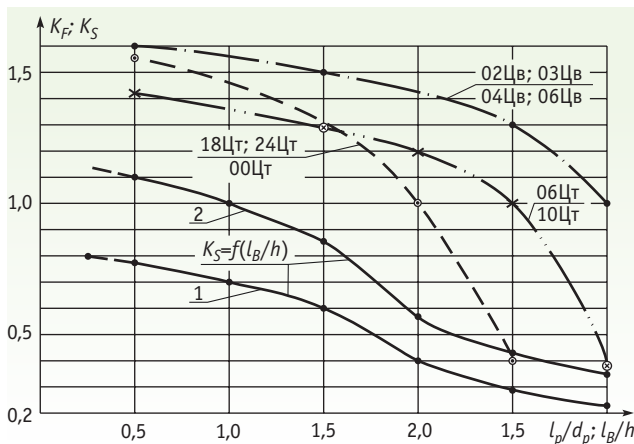


Рис. 6. Поправочные коэффициенты: K_F – на площадь обработки поверхности заданного качества в зависимости от отношения длины к диаметру (l_p/d_p) типоразмера УРИ для растачиваемого отверстия; K_S – на подачу S_0 в зависимости от отношения длины вылета l_B к высоте державки резца h при растачивании (1) и обтачивании (2)

Аналогичные выводы можно сделать применительно к качеству обработки:

1. для типоразмеров унифицированных контурно-врезных резцов: 02Цв, 03Цв, 04Цв и 06Цв наблюдается резкое падение K_F при отношении $l_p/d_p > 2,5$; номинальные режимы, однако, для этих инструментов (указаны в таблицах-матрицах режимов оптимального резания) соответствуют отношению $l_p/d_p = 3,0$ – с некоторым запасом по показателям качества;
2. для типоразмеров унифицированных контурно-подрезных резцов: 06Цт и 10Цт резкое падение K_F происходит при отношении $l_p/d_p > 2,0$; номинальные режимы для этих инструментов соответствуют отношению $l_p/d_p = 2,5$;
3. для типоразмеров расточных контурно-подрезных резцов 18Цт и 24Цт, а также наружного резца 00Цт круглого сечения державки резца резкое падение K_F наблюдается при $l_p/d_p > 1,5$; номинальные режимы для этих инструментов указаны при отношении $l_p/d_p = 2,0$.

Если вылет расточных резцов уменьшить до $l_p = 1,5d_p$, подачу S_0 можно повысить в 1,3 раза, а при уменьшении вылета наружного резца до $l_p = d_p$ S_0 можно повысить в 1,45 раза.

На основании сказанного выше необходимо оптимизировать (уменьшить) вылеты как расточных (путем регулировки РЭ в державке), так и наружных резцов ГИН до минимально допустимых значений, обеспечивающих поддержание производительности процесса и качества токарной обработки. При этом технологические возможности по номенклатуре обрабатываемых поверхностей



08-10 ИЮНЯ
МОСКВА
РОССИЯ

2021

Место проведения:

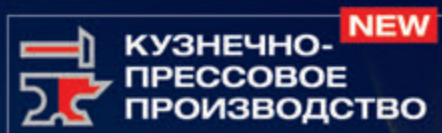


ЛИТМАШ

Международная выставка литейных технологий, материалов и продукции

МЕТАЛЛУРГИЯ

Международная выставка металлургических технологий, процессов и металлопродукции



Специальная экспозиция



**ТРУБЫ
РОССИЯ
2021**

12+

NI
в мире



При поддержке
The Bright World of Metals

www.metallurgy-russia.ru
www.litmash-russia.ru

Металл-Экспо
Тел.: +7 (495) 734-99-66

Messe Düsseldorf GmbH
Тел.: +49 (0) 2 11/45 60-77 93



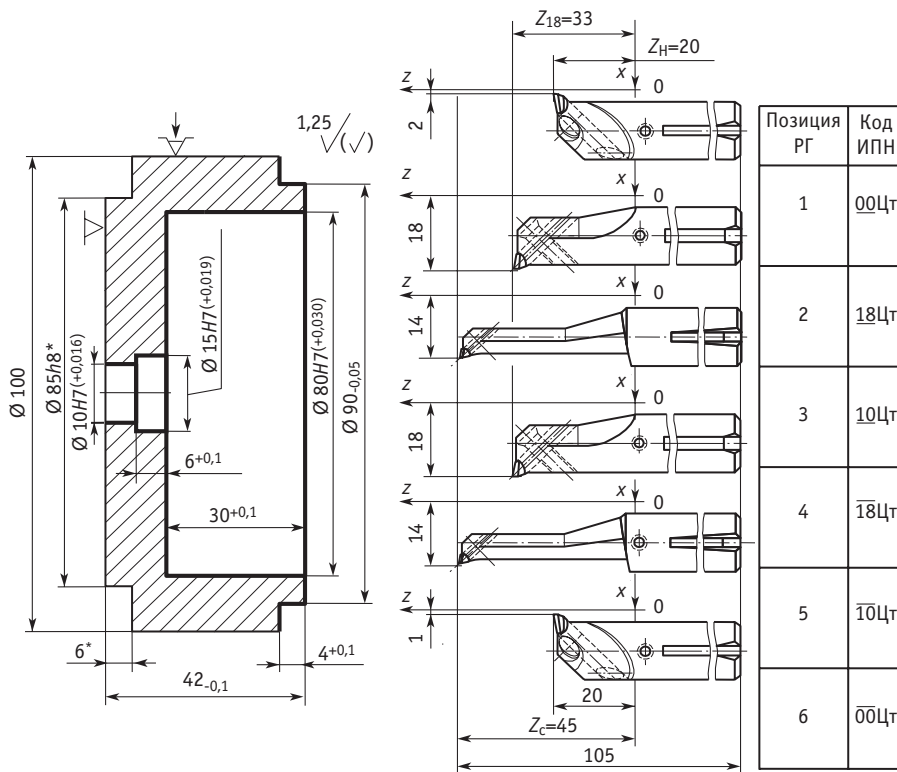


Рис. 7. Вариант оптимизации ГИН по величинам вылетов унифицированных универсальных резцов (ПИК) из инструментальной планшайбы

для наружных резцов не сокращаются, по производительности (режимам оптимального резания) – расширяются, по качеству обработки и стойкости УРИ – повышаются. Это заключение относится и к расточным резцам, но желательно, чтобы уменьшение вылета не привело к выпадению из группы некоторых деталей, то есть группы должны сохраняться. В случае, если некоторые детали не укладываются в технологические возможности УРИ, их надо выделить в подгруппу, для которой нужна внутригрупповая переналадка.

В качестве иллюстрации варианта оптимизации ГИН по величинам вылетов унифицированных резцов из инструментальной планшайбы револьверной головки (РГ) без потери технологических возможностей может служить рис. 7. В противном случае заготовка должна приходиться на данный установ с минимальными необходимыми припусками, рассчитанными из суммы глубин резания финишного и предфинишного проходов с соответствующим допуском на этот припуск. Такая ситуация экономически обычно невыгодна, так как требует дополнительных установов токарной обработки.

Для исправления этого положения целесообразно использовать для предварительной обработки резцы унифицированных конструкций с цилиндрическими стержневыми режущими элементами (РЭ), обладающими более высокой жесткостью и расширенными технологическими возможностями по режимам оптимального резания (глуби-

не t , подаче S_0 , скорости резания V_0) и процессу стружкоотведения (рис. 6).

Показанная на рис. 8 ГИН может быть трансформирована в индивидуальную наладку, использующуюся для обработки заготовки, необработанной после отрезки (черной) со стороны правого торца. Со стороны левого торца заготовка предварительно обработана для создания установочно-зажимной базы. В этом случае на 2-й позиции РГ устанавливается быстрорежущее сверло, которое после торцовки заготовки контурно-торцевым резцом 00Тц сверлит сквозное отверстие $\varnothing 9,3$ мм. Режимы сверления: $V = 75$ м/мин; подача на оборот $S_0 = 0,15$ мм/об.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение группового метода должно быть принято и признано как одно из многих направлений технического прогресса, в качестве основной доминирующей концепции осуществления технологической подготовки и организации серийного производства. Правомерность такого подхода подтверждается, как в научном плане, так и многолетним практическим опытом отечественной и зарубежной промышленности [1–5, 12, 15–22].

Преимуществами предлагаемого подхода по сравнению с традиционными (например, методом «комплексной» детали) являются существенное повышение качества разработанной групповой технологии, надежность планирования графика запуска

**08-10
июня 2021**

Москва
ЦВК «Экспоцентр»
Павильон 8



При поддержке:

АРСС

Ассоциация развития
стального строительства



Российский союз
поставщиков
металлопродукции

6-я Международная
специализированная выставка

Металло Конструкции 2021



12+

Место проведения:



Генеральный
информационный партнер:



Организатор:



www.mc-expo.ru

+7 (495) 734-99-66

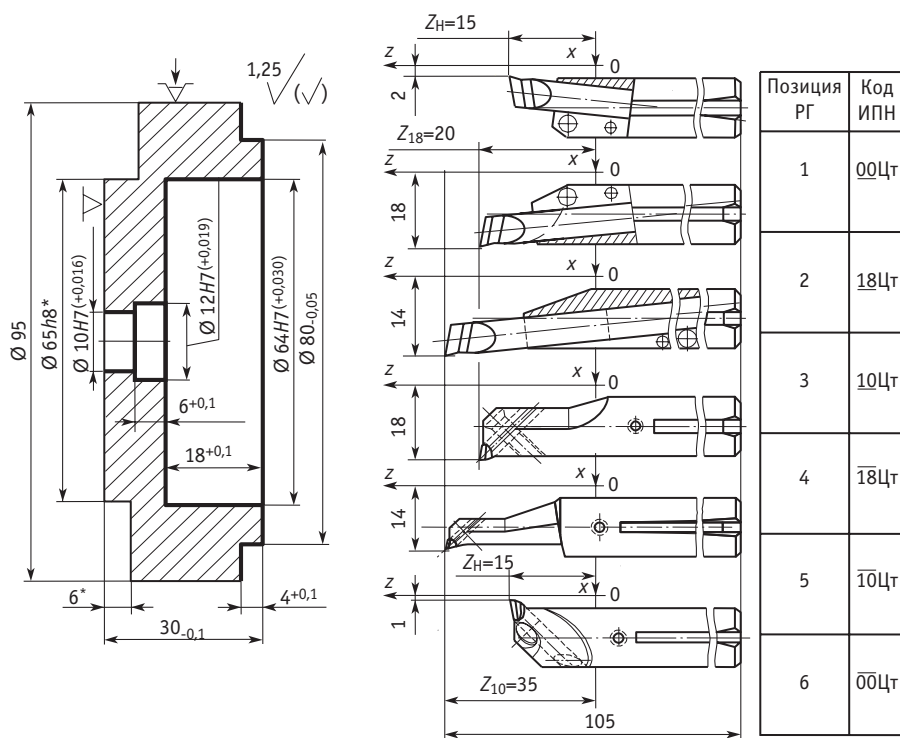


Рис. 8. Вариант оптимизации ГИН по жесткости и технологическим возможностям унифицированных резцов со стержневыми РЭ для предварительной обработки

заготовок в производство и резкое сокращение сроков технологической подготовки серийного производства [8, 10, 11].

Стремление объединить в одну группу возможно большее количество деталей без учета их сложности на базе применения широко универсальной ГИН не создает условий для оптимизации условий обработки, рационального использования станка по технологическим возможностям для обеспечения наиболее высокой точности и производительности. Это положение в полной мере относится к ГИН для «комплексной» детали, составленной формально без учета требования оптимизации количества УРИ в универсальных ГИН и ГИМ. Таким образом, «комплексная» деталь не имеет основных показателей понятия «типоразмер предмета производства»:

- номенклатуры свойств деталей (геометрических и физических);
- диапазонов изменения этих свойств;
- точности поддержания перечисленных свойств в заданных диапазонах;
- габаритных размеров и отношения L/D ,

что не дает возможности определить тип (групповая или штучная) и типоразмер (сортамент) заготовки.

Метод синтеза может быть эффективно использован как при индивидуальной оптимизации обработки крупносерийных деталей, так и при групповой обработке деталей в условиях современного мелкосерийного многономенклатурного производства [3, 4, 11, 16].

Внедрение УРИ и режимов оптимального резания (РОР) вместе с использованием методики синтеза индивидуальных и групповых инструментальных наладок приведет к повышению эффективности наукоемких машиностроительного и приборостроительного производств, точности обработки деталей и производительности труда в два и более раз. Такого эффекта практически невозможно достичь при использовании импортного инструмента с неперетачиваемыми СМП [10, 11, 13–18].

Применение метода синтеза для решения задачи перебора технически возможных вариантов интегрируемых переходов, позиций и установов на профессиональных персональных компьютерах при правильном заполнении таблиц-матриц технологом средней квалификации дает возможность получения оптимального для существующего производства ТП механической обработки высокоточных токарных деталей простой и сложной форм.

Реализация и оптимизация синтеза ГИН для токарных станков с ЧПУ позволяет минимизировать количество ТР УРИ в групповом производстве, добиваясь увеличения общего количества высокоточных сложных деталей, обрабатываемых до смены инструментов после достижения максимально допустимого износа каждого из них, определяемого методом прямого счета [8, 10]. Подсистема синтеза конкретизирует содержание и дополняет номенклатуру деталяеопераций последовательным синтезированием состава входящих технологических

rosmould

featuring **3D-TECH Area**

Международная выставка форм, пресс-форм, штампов, услуг по проектированию изделий и их контрактному производству

15 – 17 июня 2021

МВЦ «Крокус Экспо», Москва

+Специализированный раздел выставки
Аддитивные технологии и 3D-печать

в сотрудничестве с

 **VDMA formnext**

Организаторы:



messe frankfurt mesago

Messe Frankfurt Group

Бесплатный билет по промокоду **RM21-XHDAZ**
на сайте www.rosmould.ru

событий уровней установов, позиций и переходов из первичных элементов ТП, с учетом конкретных моделей оборудования и возможностей групповых и индивидуальных (специальных), позиционных и деталиеоперационных (установочных) ИН, а также управляющих программных наладок с определением и назначением POP [15–17].

ЛИТЕРАТУРА

1. Организация группового производства / Под общ. ред. С.П. Митрофанова и В.А. Петрова. Л.: Лениздат, 1980. 288 с.
2. Групповое производство — организационно-технологическая основа гибких производственных систем // Материалы научно-технического семинара ЛДНТП. Л., 1986.
3. Синго С. Быстрая переналадка: Революционная технология производства / Пер. с англ. М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. 384 с.
4. Митрофанов С.П., Братухин А.Г., Сироткин О.С. и др. Технология и организация группового машиностроительного производства: в 2-х ч. Ч. 1 Основы технологической подготовки группового производства. М.: Машиностроение, 1992. 480 с.
5. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: Учеб. для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. 360 с.
6. Ракунов Ю.П., Золотова Н.А. Методология построения подсистемы синтеза многоуровневой базовой технологии в групповом производстве // Сб. мат. науч.-практ. конф. «Технологическое обеспечение качества машин и приборов». Пенза, 2004. С. 210–214.
7. Звонцов И.Ф., Иванов К.М., Серебrenицкий П.П. Разработка управляющих программ для станков с ЧПУ: Учебное пособие / 2-е изд., стер. СПб: Лань, 2018. 588 с. (Учебники для вузов. Специальная литература).
8. Ракунов Ю.П. Оптимизация синтеза инструментальных наладок для станков с ЧПУ // Конструктор-машиностроитель. 2010. № 3, 5.
9. Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения. ОК 21-95. М.: Изд-во стандартов, 2004.
10. Ракунов Ю.П. Первичная подсистема многоуровневой базовой технологии // Научные технологии в машиностроении. 2012. № 3. С. 23–31.
11. Ракунов Ю.П. Подсистема синтеза многоуровневой базовой технологии // Научные технологии в машиностроении. 2012. № 10. С. 36–46.
12. Митрофанов С.П. Групповая технология машиностроительного производства: в 2-х т. Т. 1 Организация группового производства. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд., 1983. 407 с.
13. Ракунов Ю.П. Управление качеством токарной обработки высокоточных деталей машин // Научные технологии в машиностроении. 2013. № 2. С. 36–48.
14. Ракунов Ю.П., Абрамов В.В., Ракунов А.Ю. Роль скорости резания и радиуса округления режущего клина в эффективности тонкой механической обработки труднообрабатываемых материалов // СТАНКОИНСТРУМЕНТ. 2020. № 1. С. 66–72.
15. Ракунов Ю.П. Управление качеством токарной обработки высокоточных деталей машин // Научные технологии в машиностроении. 2013. № 2. С. 36–48.
16. Ракунов Ю.П., Абрамов В.В. Разработка САПР оптимальных групповых процессов токарной обработки на станках с ЧПУ // Справочник, Инженерный журнал, приложение. № 7, 2015. С. 1–29.
17. Справочник технолога // Под ред. А.Г. Сулова. М.: Машиностроение, 2019. 678 с.
18. Копылов Ю.Р. Компьютерные технологии в машиностроении (практикум +CD): учебное пособие. Воронеж: Изд.-полиграф. центр «Научная книга», 2012. 508 с.
19. Hot topics // CAD/CAM/CAE Observer. [Электронный ресурс] — режим доступа: <http://www/cadcamcae.lv/hot.html>.
20. SURFCAM Velocity: автоматизированная подготовка управляющих программ многокоординатной обработки на станках с ЧПУ // САПР и графика. 2005. № 11.
21. Калачев О.Н. Моделирование в CAD/CAM Cimatron механообработки на станках с ЧПУ. Ярославль: Ярославский государственный технический университет. 2013. 30 с.
22. Основные направления развития систем программного управления в мире [Электронный ресурс] — режим доступа: <http://www.mashcon.ru/article/21>.

РАКУНОВ Юрий Павлович —
кандидат технических наук, доцент
Национального исследовательского Московского
государственного строительного
университета

АБРАМОВ Валерий Васильевич —
доктор технических наук, профессор
Национального исследовательского Московского
государственного строительного
университета

РАКУНОВ Александр Юрьевич —
инженер, Национальный исследовательский
Московский государственный строительный
университет

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ВОЕННО-
МОРСКОЙ
САЛОН



INTERNATIONAL
MARITIME
DEFENCE
SHOW

Организатор:



При участии:



Министерство
обороны



Министерство
иностраных
дел



Федеральная служба
по военно-техническому
сотрудничеству



Администрация
Санкт-Петербурга



РОСБОРОНЭКСПОРТ

Устроитель:



ООО «Морской Салон»

www.navalshow.ru

IMDS
2021

23-27 июня

РОССИЯ

Санкт-Петербург

“Через сотрудничество – к миру и прогрессу!”