

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ЭФФЕКТИВНОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ  
ВЫСОКОТОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ**



 **TORAICHYROV  
UNIVERSITY**

ПАВЛОДАР

Министерство образования и науки Республики Казахстан

Некоммерческое акционерное общество  
«Торайгыров университет»

К. К. Абишев, П. Ю. Бочкарёв, Г. С. Гумаров,  
А. Ж. Касенов, С. Г. Митин, А. В. Назарьев,  
А. С. Яньюшкин

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ  
ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ЭФФЕКТИВНОГО  
ИЗГОТОВЛЕНИЯ  
ВЫСОКОТОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Монография

Павлодар  
Toraighyrov University  
2022

УДК 621.7:658.512

ББК 34.41

T38

**Рекомендовано к изданию Учёным советом  
НАО «Торайгыров университет»**

**Рецензенты:**

А. Л. Касенов – доктор технических наук, профессор  
Государственного университета имени Шакарима города Семей;

К. Т. Шеров – доктор технических наук, профессор Казахского  
аграрно-технического университета имени С. Сейфуллина;

А. К. Каракаев – доктор технических наук, профессор  
Торайгыров университета.

**Абишев К. К., Бочкарёв П. Ю., Гумаров Г. С., Касенов А. Ж.,  
Митин С. Г., Назарьев А. В., Янюшкин А. С.**

T38 Технологическое обеспечение эффективного изготовления  
высокоточных изделий: монография / К. К. Абишев,  
П. Ю. Бочкарёв, Г. С. Гумаров, А. Ж. Касенов, С. Г. Митин,  
А. В. Назарьев, А. С. Янюшкин. – Павлодар :  
Toraighyrov University, 2022. – 115 с.

ISBN 978-601-345-275-3

В монографии рассматриваются вопросы технологического обеспечения эффективного изготовления высокоточных изделий, изложены теоретические положения методологии создания гибких технологических процессов. Кроме того, освещены вопросы формирования комплексного подхода (комплекса проектных процедур), обеспечивающего эффективное выполнение сборочных операций на основе связи между технологической подготовкой обрабатываемого и сборочного производств высокоточных изделий с учетом требований, заложенных при их проектировании.

Предназначено для бакалавров, магистрантов, докторантов и преподавателей вузов, а также научных и инженерных работников.

УДК 621.7:658.512

ББК 34.41

© Абишев К. К. и др., 2022

ISBN 978-601-345-275-3

© Торайгыров университет, 2022

За достоверность материалов, грамматические и орфографические ошибки  
ответственность несут авторы и составители

## Основные обозначения и сокращения

- АСТПП – автоматизированных систем технологической подготовки производства;
- БД – база данных;
- ЕСКД – единая система конструкторской документации;
- ЕСТД – единая система технологической документации;
- КД – конструкторская документация;
- КТП – карта технологического процесса;
- МП – модуль поверхностей деталей;
- МС – модуль соединения деталей;
- УП – управляющая программа;
- САПлТП – система автоматизированного планирования многономенклатурных технологических процессов;
- САПР – система автоматизированного проектирования;
- САПР-ТП – система автоматизированного проектирования технологических процессов;
- СПТО – система проектирования технологических операций;
- СК – сборочный комплект;
- СТО – средства технологической оснастки;
- СТСТПМ – система учета требований к сборке при проектировании технологических процессов механической обработки;
- ТП – технологический процесс обработки детали;
- ТПП – технологическая подготовка производства;
- ЧПУ – станок с числовым программным управлением;
- РА – размерный анализ;
- КРА – конструкторский размерный анализ;
- ЭВМ – электронно-вычислительная машина.

## Введение

В настоящее время в машиностроении наблюдается доминирование мелкосерийного и серийного производств. Данное обстоятельство приводит к постоянному увеличению номенклатуры и ускорению сменяемости изделий, тем самым обуславливая необходимость разработки новых подходов к проектированию технологических процессов (ТП) механической обработки в условиях многономенклатурного производства. А также к разработке автоматизированных систем технологической подготовки производства (ТПП), удовлетворяющих современным задачам, и как конечный результат – создание компьютерно-интегрированных производств, призванных решать проблему повышения эффективности многономенклатурных механообрабатывающих систем [1, 2, 15, 22, 45, 68].

Применение системного подхода к процессу ТПП, в частности к проектированию ТП, позволяет значительно снизить простои многономенклатурной производственной системы, уменьшить временные и материальные затраты на основе концептуальной переориентации в вопросах технологического обеспечения производственных систем [9, 22]. Именно игнорирование и недооценка влияния технологии при создании компьютерно-интегрированных производств привело к трудностям, возникшим при их эксплуатации и сопровождавшихся значительными экономическими потерями [22].

Задача автоматизации ТПП заключается не только в уменьшении временных затрат при подготовке производства, но и в повышении качества, точности и снижении себестоимости при изготовлении продукции, так как одной из важнейших функций технологии машиностроения является выявление критичных параметров, при воздействии на которые возможно ускорить производство; то есть любое автоматизированное проектирование должно быть максимально приближено непосредственно к производственному процессу и учитывать реальные данные о состоянии и особенностях производственных систем [1, 2, 5].

В данное время известна система автоматизированного планирования ТП (САПлТП), в основе которой лежит метод синтеза проектных решений с применением концепции гибких ТП, что обеспечивает многовариантное проектирование технологических операций и ТП в автоматическом режиме с учетом реального состояния производственной системы. Но в данной системе

планирования и подготовки производства отсутствует связь между многовариантным проектированием ТП изготовления деталей, входящих в сборочную единицу, и требованиями, предъявляемыми к технологии и точности сборки высокоточной сборочной единицы, на основе которой можно эффективно решить проблему снижения объёма незавершённого производства и себестоимости сборки.

Сборка изделий является завершающим и наиболее ответственным этапом производственного цикла. Особенно это касается высокоточных изделий, к которым относится большинство приборов и машин военно-промышленного комплекса, ракетно-космической и авиационной промышленности, прецизионного станкостроения, и т.д. Именно в процессе сборки сходятся результаты труда конструкторов и технологов по созданию новой машины. Объем сборочных работ на нынешнем уровне машиностроительного производства значителен и составляет в общей трудоемкости изготовления изделия: в массовом и крупносерийном производствах 20–25 %, в серийном – 25–35 %, в единичном и мелкосерийном – 40–50 % [3].

Основную часть сборочных работ (до 50...80 %) составляют ручные слесарно-сборочные работы, требующие иногда больших затрат физического труда и высокой квалификации исполнителей. Поэтому экономические показатели предприятия во многих случаях зависят от трудоемкости сборочного производства, а проблема повышения качества и производительности сборки является одной из важнейших проблем научно-технического прогресса современного машиностроения [3].

Понятие «высокоточные изделия» следует применять с учётом конкретной производственной ситуации, когда при сборке, для значительной части узлов изделий, не обеспечивается допуск замыкающего звена. Необходимо изготавливать дополнительные сборочные комплекты, увеличивается объём незавершённого производства. Кроме того, достижение заданных эксплуатационных характеристик подобных изделий весьма затруднено вследствие необходимости учета влияния непознанных и плохо управляемых причин.

Проблему достижения точности замыкающего звена можно решать применением методов регулирования и пригонки. Однако, при этом существенно увеличивается трудоёмкость и себестоимость сборки, кроме того, не всегда эти методы можно реализовать в высокоточных сборочных единицах изделий. Применение селективной сборки также предполагает определённый объём

незавершённого производства (особенно в условиях мелкосерийного производства) и приводит к повышению себестоимости изделий. На сегодняшний день наблюдаются разрозненные решения отдельных подзадач этой проблемы в направлениях повышения качества и точности собираемых изделий, снижения затрат на материалы, внедрения ресурсосберегающих технологий и т.п. При этом отсутствует, отвечающая реальным требованиям, концепция комплексного подхода, ориентированная на учет ограничений, накладываемых требованиями к сборке, и оперативной производственной ситуации при технологической подготовке механообрабатывающего производства [5, 69].

В настоящее время вопрос совершенствования изготовления высокоточных узлов приобретает первостепенное значение, так как данные изделия характеризуются жесткими, постоянно возрастающими требованиями к точности и качеству изготовления. Это приводит к возникновению проблемы достижения заданных эксплуатационных характеристик таких изделий. На сегодняшний день наблюдаются разрозненные решения отдельных задач этой проблемы, отсутствует наиболее приближенная к реальным требованиям концепция системы в целом. Именно поэтому необходимо проведение исследований по созданию комплексного подхода, обеспечивающего эффективное выполнение сборки высокоточных изделий. В монографии формируется структура комплексного подхода (комплекса проектных процедур), который основывается на установлении связи между технологической подготовкой обрабатывающего и сборочного производств с учетом требований, заложенных при проектировании изделия.

Целью настоящей работы является уменьшение объема незавершенного производства и снижение себестоимости сборочных единиц за счет совершенствования технологической подготовки многономенклатурных механообрабатывающих производств на основе учета производственной ситуации и требований к сборке высокоточных изделий.

Объектом исследования являются процессы технологической подготовки производств, обеспечивающие требования к качеству изготовления высокоточных изделий.

Предмет исследования – установление связей между технологической подготовкой механообрабатывающего и сборочного производств для разработки проектных процедур, обеспечивающих требования качества сборки и рациональности технологических процессов с учетом производственной ситуации.

В первой главе представлены основные положения концепции создания технологических процессов в многономенклатурных механообрабатывающих производственных системах. Приведена многоуровневая иерархическая структура и принципы функционирования системы автоматизированного планирования технологических процессов, обеспечивающая возможность учёта производственной ситуации.

Во второй главе, изложены вопросы по установлению взаимосвязей между механообрабатывающей и сборочной производственными системами, на основе, которой формируется структура комплекса проектных процедур. Кроме того, освещены аспекты разработки комплекса проектных процедур системы учета требований к сборке высокоточных изделий при проектировании технологических процессов механической обработки.

В третьем разделе описаны результаты реализации промышленного эксперимента и оценки экономической эффективности системы учета требований к сборке при проектировании технологических процессов механической обработки.

Реализация вышеизложенного комплексного подхода в системе автоматизированного планирования технологических процессов позволяет учитывать реально складывающуюся производственную ситуацию и выбирать рациональные технологические процессы обработки деталей с учетом требований сборки, что, в свою очередь, приводит к повышению точности и качества, снижению трудоемкости, времени изготовления и себестоимости высокоточных изделий, а также к сокращению времени и трудоемкости при технологической подготовке производства.

Монография предназначена для бакалавров, магистрантов, докторантов и преподавателей вузов, а также научных и инженерных работников.

# 1 Система планирования многономенклатурных технологических процессов

## 1.1 Обзор и анализ подходов к организации технологической подготовки производств механообрабатывающих и механосборочных систем

Аспекты и вопросы организации ТПП механообрабатывающих и механосборочных систем рассматриваются в трудах В. И. Аверченкова, Б. М. Базрова, В. Ф. Безьязычного, Б. М. Бржозовского, М. В. Вартанова, М. Г. Кристаля, С. П. Митрофанова, А. П. Соколовского, В. Д. Цветкова и др.

На основе изучения их научных работ и проведения теоретического анализа существующих подходов к организации ТПП механообрабатывающих и механосборочных систем.

В настоящее время сформировалось несколько различных форм организации ТП. В их основе традиционно лежат четыре типа технологий, представленные на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Виды технологических подходов механической обработки деталей

Результаты анализа подходов к проектированию технологических процессов механической обработки деталей нами сведены в таблицу 1.1 [4, 69].

К. К. Абишев, П. Ю. Бочкарёв, Г. С. Гумаров  
А. Ж. Касенов, С. Г. Митин, А. В. Назарьев,  
А. С. Янюшкин

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО  
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВЫСОКОТОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Монография

Технический редактор А. Р. Омарова  
Ответственный секретарь Ж. К. Сапенова

Подписано в печать 12.04.2022 г.  
Гарнитура Times.  
Формат 29,7 x 42 ¼. Бумага офсетная.  
Усл.печ. л. 6,6. Тираж 500 экз.  
Заказ № 3881

Toraighyrov University  
140008, г. Павлодар, ул. Ломова, 64