

Г.И. Канюк, А.Ю. Мезеря , И.А. Бабенко, М.Л. Козлова, И.В. Сук

## ОБЩАЯ УНИФИЦИРОВАННАЯ СТРУКТУРА И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ РАЗРАБОТКИ ПРЕЦИЗИОННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ

*Разработана универсальная и конкретизированная последовательность процесса создания быстродействующих прецизионных САУ и САР, включающая детальный перечень, характеристики и взаимосвязь основных этапов с указанием возможных проблем и путей их решения. Разработанная методика представлена в виде последовательной наглядной блок-схемы (алгоритма), четко отражающей взаимосвязи между отдельными этапами, возможные проблемные ситуации и пути выхода из них. В статье дано детальное описание содержания отдельных этапов со ссылками на литературные источники, в которых содержатся необходимая конкретная информация. Использование предложенной методики поможет разработчикам формализовать, унифицировать и существенно упростить сложный и трудоемкий процесс создания прецизионных систем автоматического управления технологическими процессами.*

**Ключевые слова:** *прецизионные системы, автоматика, автоматизированные системы управления, система автоматического управления, система автоматического регулирования, энергосбережение.*

### **Введение**

В работах [1-3] отмечалось, что одной из основных проблем создания быстродействующих прецизионных систем автоматического управления и регулирования (САУ и САР), предназначенных для использования в современных, энерго- и ресурсосберегающих технологических системах, является обеспечение требуемых высоких показателей качества управления (главным образом, точности и быстродействия) при заданных ограничениях энергетических и массогабаритных показателей. Или, в терминах теории оптимизации, проблема заключается в необходимости нахождения оптимального соответствия между двумя «разноградиентными» функционалами, один из которых, выражающий интегральные показатели качества управления, должен иметь максимальное значение, другой (комплекс энергетических и массогабаритных характеристик) – минимальное (или приближающееся к заданному уровню ограничения).

Основные сложности решения этой проблемы заключается в необходимости нахождения учета сочетания и взаимовлияния на общие характеристики системы разнородных физических процессов и соответствующих им технических элементов – механических, гидравлических, электрических, электронных, информационных (кибернетических).

В связи с этим, в общем традиционном цикле создания новых технических устройств и систем наиболее сложным и наукоемким этапом при создании

быстродействующих прецизионных систем автоматического регулирования и управления, является разработка технического предложения. В приложении на концептуальном (аванпроектном) уровне была бы принципиально обоснована возможность обеспечения заданных в техническом задании показателей, или, при отсутствии такой возможности, достижение определенных компромиссов между требованиями технического задания (которые сами могут быть противоречивыми и даже взаимоисключающими) и реальными возможностями существующего уровня научно-технического развития данного направления.

В этом плане этапы разработки технического задания и технического предложения с учетом их возможной (и весьма вероятной) взаимной коррекции могут быть объединены в общую стадию аванпроектной разработки (аванпроекта), на этапе которой определяются принципиальные и технические возможности создания систем требуемого класса, оцениваются сложность, стоимость, технико-экономическая эффективность и целесообразность разработки.

Другая сложность, обусловленная использованием в САУ и САР комплекса разнородных физических процессов и технических устройств, связана с испытаниями, отладкой и доводкой экспериментальных образцов. При отсутствии положительных результатов во время первичных испытаний (что обычно имеет место при создании нетривиальных систем с высокими техническими характеристиками, превышающими существующий средний уровень развития систем данного класса), возникает дилемма в поиске и локализации дефектов, которые могут иметь место как в исполнительном механизме, так и в системе управления (в т.ч. – как в аппаратной, так и в «интеллектуальных» - алгоритмической и программной частях). Поэтому для ускорения процессов отладки и доводки таких систем, а также для устранения причин споров и конфликтов между группами соответствующих разноплановых специалистов-разработчиков, целесообразно проводить предварительные циклы отдельных, автономных испытаний, отладки и доводки исполнительных механизмов и систем управления, входящих в состав САУ и САР (при этом необходимо создание специального оборудования для автономной отладки электронных систем управления).

Таким образом, процесс создания быстродействующих прецизионных САУ и САР на первых, основных наукоёмких этапах - от разработки аванпроекта до испытаний экспериментального образца представляет собой достаточно сложную научно-исследовательскую работу, требующую участия и творческого взаимодействия разноплановых квалифицированных специалистов (инженеры-механики и гидравлики, электронщики, программисты, теоретики в области математического моделирования, оптимизации, и синтеза алгоритмов управления, инженеры-расчетчики, испытатели и др.). Такая работа может продолжаться годами и, в принципе, как и любая НИР, может иметь отрицательные результаты, приводящие к прекращению разработки. При этом, как отмечалось выше, наиболее ответственным, трудоемким и «нестандартным» этапом является аванпроектная проработка (разработка и взаимное согласование ТЗ и технического предложения).

На этом этапе высококвалифицированные исследователи-теоретики (специалисты в области механики, гидравлики, технической кибернетики) сталкиваются с проблемами математического моделирования сложных и разнородных по своей физической природе систем, синтезом оригинальных и эффективных алгоритмов управления, обеспечивающих высокие (порой предельные) показатели точности и

быстродействия для систем данного класса, многофакторной оптимизацией комплексных систем. Это требует проведения обширного информационного поиска среди разрозненных публикаций по данному направлению, опробования и адаптации к условиям конкретной задачи существующих общих теорий и частных решений, их взаимодополняющего синтеза, а также оригинальных «эвристических» решений.

Поэтому существует настоятельная потребность в разработке на основе систематизации, синтеза, уточнений, дополнений, адаптации и конкретизации существующих общих и частных теорий и методов комплексной универсальной методики (прикладной теории) создания быстродействующих прецизионных ЭГСС (главным образом – на этапе аванпроектной проработки, включающей разработку и согласование технического задания и технического предложения), которая позволила бы повысить эффективность и качество разработок, существенно сократить затраты времени и средств на их выполнение.

### **Постановка задачи**

заключается в разработке общей унифицированной структуры и последовательности концептуальной разработки прецизионных САУ и САР элементов на основе обобщения опыта создания и исследования ряда быстродействующих прецизионных САР и САУ, выполненных под руководством и при личном участии авторов.

### **Изложение основного материала**

С учетом отмеченных выше особенностей и проблем, а также личного опыта участия в разработках быстродействующих прецизионных САУ и САР, предложена рациональная структура общего цикла создания систем такого класса (рис. 1). Описание и характеристика этапов цикла представлены в таблице 1.

Для эффективного синтеза САР и САУ с заданными показателями точности и быстродействия необходимо, прежде всего, четко и правильно сформулировать исходные технические требования к системе. Опыт создания систем такого класса показал, что именно неясности и несогласованности между разработчиком и заказчиком в этом вопросе затягивают процесс создания и внедрения систем, или не позволяют обеспечить в комплексе необходимые технические и эксплуатационные показатели. Одна из проблем заключается в том, что требования по статической точности и быстродействию часто являются взаимоисключающими и, кроме того, могут вступать в противоречие с другими, важными для заказчика эксплуатационными и экономическими характеристиками изделия. В работе [1] показано, что наиболее эффективными и перспективными в плане обеспечения САУ и САР, построенные на основе электронно-гидравлических следящих систем (ЭГСС).

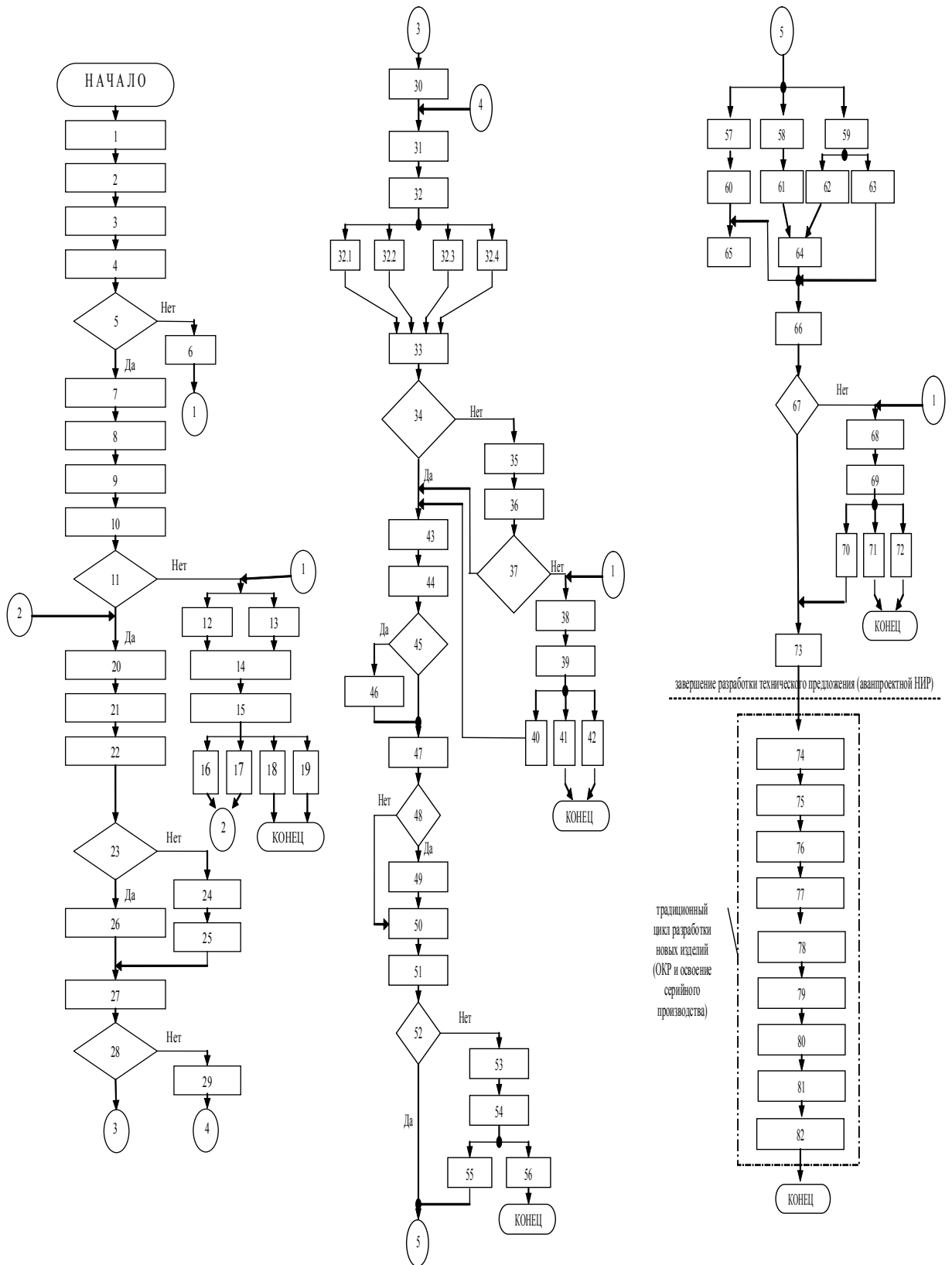


Рис. 1. Структура общего цикла создания быстродействующих прецизионных ЭГСС.

Таблиця 1

## Перечень и краткая характеристика основных этапов общего цикла создания быстродействующих прецизионных САР и САР.

№ этапа	Наименование этапа	Примечание
1	2	3
1.	Формулировка и формализация основных технических требований к системе (показатели качества регулирования, ограничения по давлению, потребляемой мощности, массогабаритным показателям)	Формализованный перечень основных технических требований к быстродействующим прецизионным ЭГСС приведен в [1]
2.	Разработка ТЗ	Разрабатывается на основе с перечня основных технических требований (этап 1), в соответствии с ГОСТ (требования к ТЗ на НИР).
3.	Разработка функциональной схемы системы	Определяются основные структурные элементы системы, их взаимосвязи, последовательность передачи информации и управляющих сигналов. Обобщенная функциональная схема типовых прецизионных САУ представлена в [1]
4.	Предварительный сравнительный анализ предпочтительности типа исполнительного механизма (электрический и электрогидравлический)	Общие принципы предварительного сравнительного анализа типов исполнительных механизмов приведены в [1]
5.	Формулировка заключения о предпочтительности типов исполнительных механизмов: «Является электрогидравлический исполнительный механизм (ЭГИМ) явно предпочтительным при заданной совокупности технических требований?»	
6.	Параллельная проработка варианта системы с электрическим исполнительным механизмом (ЭИМ)	Выполняется в том случае, если ответ на вопрос, сформулированный на этапе 5, отрицательный. В случае выполнения параллельной разработки, ее результаты на ключевых этапах, сопоставляются с результатами основного варианта, и по результатам этого сопоставления принимается окончательное решение.
7.	Предварительный выбор типа электрогидравлического привода (ЭГП) и его основной элементной базы.	Осуществляется при помощи каталогов гидравлического оборудования (например, [2])

8.	Разработка принципиальной схемы ЭГИМ	На принципиальных схемах упрощенно изображаются основные конструктивные особенности элементов системы, используемые при их математическом моделировании. Примеры принципиальных схем ЭГИМ приведены в [1]
9.	Выполнение оценочных энергетических расчетов. Предварительное определение диапазонов основных энергетических, гидравлических и конструктивных параметров ЭГИМ.	Методика оценочных энергетических расчетов описана в [1].
10.	Анализ соответствия предварительных энергетических, гидравлических и конструктивных параметров ЭГИМ техническим характеристикам существующей элементной базы.	
11.	Результат анализа (заключение) по этапу 10: «Технические характеристики существующей элементной базы удовлетворяют требуемым параметрам ЭГИМ?»	Если ответ отрицательный, то выполняются этапы 12-19 Если ответ положительный – этап 20 и далее.
12.	Оценка трудоемкости, сроков и стоимости создания новой элементной базы с требуемыми техническими характеристиками	В соответствии с традиционным циклом разработки и освоения производства новых изделий
13.	Оценка предельных технических характеристик, которые принципиально могут быть получены на существующей элементной базе	Оценки выполняются на основе методики оценочных энергетических расчетов (см. этап 9).
14.	Подготовка и обсуждение с заказчиком сравнительного заключения по результатам этапов 12 и 13	При обсуждении учитываются и результаты параллельной проработки варианта с ЭИМ, если такая проработка выполнялась в соответствии с этапом 6.
15.	Решение заказчика по результатам обсуждения (этап 14).	Возможные варианты решения соответствуют этапам 16-19.
16.	Приступить к разработке новой элементной базы ЭГИМ с требуемыми техническими характеристиками.	

17.	Снизить технические требования к системе до уровня, реализуемого на существующей элементной базе.	
18.	Перейти на вариант системы с ЭИМ	Решение принимается в том случае, если параллельно разрабатываемый вариант систем с ЭИМ (этап 6) дал к моменту принятия решения более эффективные результаты
19.	Прекратить разработку	Решение принимается в случае, если снижение технических требований к системе невозможно, альтернативный вариант с ЭИМ также не дает нужных результатов, а сроки и стоимость разработки новой элементной базы (этап 12) являются неприемлемыми.
20.	Разработка исходных (полных) математических моделей ЭГИМ.	Общие принципы математического моделирования ЭГСС и обобщенные математические модели их элементов рассмотрены в гл. 3. Построенные на их основе математические модели различных уровней для конкретных ЭГИМ приведены в [1].
21.	Проведение оценочных расчетов влияния на характеристики системы отдельных элементов и процессов и разработка упрощенных математических моделей различных уровней	Методика оценочных расчетов и упрощенные математические модели некоторых типов ЭГИИМ приведены в [1].
22.	Проверка управляемости системы по упрощенным линеаризованным моделям различных уровней (порядков).	Методика проверки управляемости, в частности – расчетные формулы для контуров третьего порядка приведена в [1].
23.	Заключение об управляемости системы: «Система полностью управляема по линеаризованной модели высшего (n-го) уровня»	При положительном ответе выполняются этапы 26,27 и далее, при отрицательном – этапы 24,25, а затем – 27 и далее.
24.	Выделение отдельных автономных полностью управляемых контуров по линеаризованным моделям отдельных элементов системы	Производится по результатам этапа 22.
25.	Выделение общих (объединенных из нескольких элементов) полностью управляемых контуров системы	Производится по результатам этапов 22, 24.
26.	Заключение о возможности синтеза одного общего алгоритма управления по	

	линеаризованной модели высшего (n-го) уровня	
27.	Проверка наблюдаемости системы по моделям выделенных на этапах 24, 25 полностью управляемых контуров различных уровней.	Методика проверки наблюдаемости, в частности – расчетные формулы для контуров третьего порядка, приведена в [1].
28.	Заключение о наблюдаемости системы: «Система полностью наблюдаема».	При положительном ответе выполняется этап 30 и далее, при отрицательном – этапы 29, 31 и далее.
29.	Выделение отдельных полностью наблюдаемых контуров (из числа выделенных ранее, на этапах 24, 25 полностью управляемых контуров).	
30.	Заключение о возможности создания эталонной модели – (наблюдателя состояния) всей системы на основе информации об одном (выходном) векторе параметров состояния.	
31.	Выбор приоритетных вариантов построения контуров управления и перечней измеряемых параметров с учетом результатов анализа управляемости и наблюдаемости, а также конструктивной структуры элементов системы.	
32.	Синтез эффективных алгоритмов управления по приоритетным вариантам контуров управления и соответствующим им линеаризованным математическим моделям с учетом ограничения уровня управляющего сигнала (мощности источника энергии).	Выполняется параллельно (этапы 32.1, 32.2, 32.3, 32.4), в соответствии с приведенным в разделе 5 перечнем наиболее эффективных алгоритмов управления.
32.1	Синтез последовательных, параллельных и последовательно-параллельных корректирующих устройств методом ЛАЧХ	Методики синтеза приведены в классических работах по ТАУ и ТАУ (например, [95], [98])
32.2	Синтез ПИД – регуляторов	Предельные значения коэффициентов ПИД-регулятора определяются исходя из допустимых запасов устойчивости, в соответствии с методами классической ТАУ ([95],[98])



32.3	Синтез модальных алгоритмов управления (алгоритмов управления по параметрам состояния)	Общая теория синтеза алгоритмов управления по параметрам состояния наиболее последовательно изложена в [113]. Адаптация и развитие этой теории применительно к синтезу алгоритмов управления ЭГСС, с учетом их конкретных особенностей, изложены в разделе 5. Примеры синтеза модальных алгоритмов управления быстродействующими прецизионными ЭГСС приведены в [1].
32.4	Синтез алгоритмов управления на основе решения обратной задачи динамики управляемого объекта	Общая теория синтеза алгоритмов управления на основе методов решения обратной задачи динамики управляемого объекта наиболее последовательно изложена в [114], [115]. Адаптация и развитие этой теории применительно к синтезу алгоритмов управления ЭГСС, с учетом их конкретных особенностей, изложены в [1]. Примеры синтеза алгоритмов управления быстродействующими прецизионными ЭГСС на основе обратных задач динамики приведены в [1].
33.	Проверка эффективности и оптимизация параметров алгоритмов управления, синтезированных на основе линеаризованных моделей (этапы 32.1-32.4) методом вычислительного эксперимента с использованием полной нелинейной модели ЭГИМ (этап 20) путем сравнения расчетных показателей точности и быстродействия с требованиями ТЗ.	Для проведения вычислительного эксперимента (численной реализации полной нелинейной модели ЭГИМ с соответствующими алгоритмами управления) используются либо общие методы вычислительной математики и оптимизации [153-156], с соответствующим типовым программным обеспечением, либо специальные программные комплексы, предназначенные для моделирования и оптимизации технических систем определенного класса (например – ПРАНС [88, 140].)
34.	Заключение о возможности достижения при помощи алгоритмов управления, синтезированных на основе линеаризованных математических моделей (этап 32), установленных ТЗ показателей точности и быстродействия (с определенным запасом).	При положительном заключении выполняется этап 43 и далее, при отрицательном – этап 35 и далее
35.	Синтез алгоритмов коррекции нелинейных характеристик объекта управления и его отдельных элементов (линеаризующие алгоритмы управления)	Методики синтеза алгоритмов нелинейной коррекции изложены в [1].
36.	Проверка эффективности и оптимизация параметров линеаризующих алгоритмов управления методом вычислительного эксперимента	Проводятся на основе тех же математических моделей объекта, методов их численной реализации и оптимизации, которые использовались на этапе 33.
37.	Заключение о возможности	При положительном результате выполняется этап 43 и

	достижения при помощи линеаризующих алгоритмов управления установленных ТЗ показателей точности и быстродействия.	далее; При отрицательном – 38, 39 и далее.
38.	Обсуждение с заказчиком окончательных результатов теоретических исследований.	При обсуждении учитываются и результаты параллельной проработки варианта с ЭИМ, если такая проработка выполнялась в соответствии с этапом 6.
39.	Решение заказчика по результатам обсуждения (этап 38).	Возможные варианты решения соответствуют этапам 40-42
40.	Снизить требования ТЗ до уровня, достижимого по результатам теоретических исследований.	Если такое решение принимается, то переходят к выполнению этапа 43 и далее.
41.	Перейти на вариант системы с ЭИМ.	Это решение может быть принято, если параллельная проработка варианта с ЭИМ дала более эффективные результаты.
42.	Прекратить разработку.	
43.	Построение приоритетного ряда алгоритмов управления	Выполняется с учетом полученных на этапах 32, 33, 35, 36 расчетных показателей точности и быстродействия системы, а также простоты и удобства практической реализации и настройки синтезированных алгоритмов управления.
44.	Определение вида и количества измерительных систем (датчиков), необходимых для реализации синтезированных (приоритетных) алгоритмов управления, и необходимости синтеза наблюдающих устройств (эталонных моделей) для вычисления дополнительных параметров состояния объекта.	
45.	Решение о необходимости синтеза наблюдающих устройств (эталонных моделей)	При положительном решении выполняется этап 46 и далее по схеме, при отрицательном – этап 47 и далее.
46.	Синтез наблюдающих устройств (эталонных моделей).	Методика синтеза наблюдающих устройств применительно к ЭГИМ и примеры синтеза приведены в [1].
47.	Выбор способа аппаратной реализации и элементной базы системы управления.	Осуществляется с учетом технических требований к системе и структуры наиболее предпочтительных алгоритмов управления
48.	Заключение о выбранном способе аппаратной реализации системы управления.	Если выбран цифровой или цифроаналоговый вариант реализации системы управления, то выполняется этап 49 и далее, если нет (чисто аналоговый вариант) – сразу выполняется этап 50 и далее.

49.	Определение допустимых шагов квантования по времени и уровню для цифровой системы управления.	Методики определения допустимых шагов квантования для цифровых систем управления изложены в [1].
50.	Построение математической модели аппаратной части системы управления.	Методики и рекомендации по построению математических моделей аппаратной части системы управления приведены в [1].
51.	Окончательная расчетная проверка показателей точности и быстродействия системы с учетом вида и характеристик аппаратной части системы управления	Осуществляется по аналогии с этапами 33, 36, но с учетом математических моделей и технических характеристик к аппаратной части системы управления (этапы 47, 49, 50).
52.	Окончательное заключение о соответствии расчетных характеристик системы требованиям ТЗ.	При положительном заключении переходят к параллельному выполнению этапов 53, 54, 55 и далее. При отрицательном – выполняются этапы 53-56, аналогичные по содержанию этапам 38-42.
53-56	Этапы аналогичны по содержанию этапам 38-42.	
57.	Составление ТЗ на проектирование и изготовление экспериментального образца ЭГИМ	Выполняется в соответствии с ГОСТ
58.	Составление ТЗ на проектирование и изготовление СУ	Выполняется в соответствии с ГОСТ
59.	Разработка методики испытаний ЭГСС	
60.	Проектирование и изготовление экспериментального образца ЭГИМ	
61.	Проектирование и изготовление экспериментального образца СУ	
62.	Разработка и изготовление электронного имитатора ЭГИМ.	Синтез электронного имитатора ЭГИМ осуществляется на основе математических моделей, при помощи которых осуществляется синтез алгоритмов управления. Примеры синтеза электронных имитаторов приведены в [1].
63.	Разработка и изготовление стенда для испытания и отладки ЭГИМ и комплектной ЭГСС.	Один из вариантов стенда описан в [1].
64.	Автономные испытания, отладка и доводка	

	експериментального образца СУ при помощи электронного имитатора ЭГИМ.	
65.	Автономные испытания (обкатка) и отладка ЭГИМ на испытательном стенде.	
66.	Стендовые испытания, отладка и доводка экспериментального образца комплектной ЭГСС.	
67.	Заключение о результатах стендовых испытание экспериментального образца ЭГСС: «Характеристики экспериментального образца ЭГСС соответствуют требованиям ТЗ ?»	При положительном заключении выполняется этап 73 и далее. При отрицательном – этап 68 и далее по схеме.
68.	Обсуждение с заказчиком результатов испытаний экспериментального образца ЭГСС.	При обсуждении учитываются и результаты параллельной разработки варианта с ЭИМ, если такая разработка имела место.
69.	Решение заказчика по результатам обсуждения.	Варианты решения соответствуют этапам 70-72
70.	Снизить требования ТЗ до уровня, достигнутого в результате испытаний экспериментального образца.	При принятии такого решения выполняется этап 73 и далее по схеме.
71.	Остановиться на варианте системы с ЭИМ.	Такое решение может быть принято, если стендовые результаты и испытания системы с ЭИМ удовлетворяют требованиям ТЗ или если система с ЭИМ имеет лучшие технические характеристики, чем система с ЭГИМ.
72.	Прекратить разработку.	Решение принимается в том случае, если ни один из вариантов системы (с ЭИМ или с ЭГИМ) по результатам стендовых испытаний не удовлетворяет требованиям ТЗ, а снижение требований не предоставляется возможным.
73.	Составление ТЗ на разработку и изготовление опытной партии ЭГСС.	Этим этапом завершается нормальный цикл разработки технического предложения, представляющего собой, в данном случае, аванпроектную НИР. Далее следуют типовые этапы цикла разработки новых изделий: ОКР и освоение серийного производства (этапы 74-82).
74.	Разработка эскизного проекта.	
75.	Разработка технического проекта.	
76.	Разработка рабочей документации.	
77.	Разработка технологического процесса изготовления	

	системы.	
78.	Изготовление, стендовые испытания и доводка опытной партии.	
79.	Разработка технических условий.	
80.	Эксплуатационные испытания опытных образцов.	
81.	Сертификация изделия.	
82.	Освоение серийного производства.	

### Выводы

Разработана универсальная и конкретизированная последовательность процесса создания быстродействующих прецизионных САУ и САР, включающая детальный перечень, характеристики и взаимосвязь основных этапов с указанием возможных проблем и путей их решения.

Разработанная методика представлена в виде последовательной наглядной блок-схемы (алгоритма), четко отражающей взаимосвязи между отдельными этапами, возможные проблемные ситуации и пути выхода из них.

Дано детальное описание содержания отдельных этапов со ссылками на литературные источники, в которых содержатся необходимая конкретная информация.

Использование предложенной методики поможет разработчикам формализовать, унифицировать и существенно упростить сложный и трудоемкий процесс создания прецизионных систем автоматического управления технологическими процессами.

### Список использованной литературы:

1. Канюк Г.И. Моделі і методи структурного і параметричного синтезу презизійних електрогідравлічних слідкуючих систем автоматизованих випробувальних стендів: дис... доктора тех. наук : 05.13.07 / Канюк Геннадій Іванович. – Харків, 2010. – 444 с.
2. Канюк Г.И. Быстродействующие прецизионные электрогидравлические следящие системы (ЭГСС). Основы теории. Разработки. Исследования. / Канюк Г.И.- Харьков: Издательство НТМТ, 2008.- 108с.
3. Эффективное энергосберегающее управление электрогидравлическими следящими системами / [Г.И. Канюк, С.Ф. Артюх, А.Ю. Мезеря и др.]. – Харьков: Точка, 2012. – 117 с.
4. Гидро- и пневмопривод и его элементы. Рынок продукции / [Коллектив составителей].- М.: Машиностроение, 1992.- 232 с.- (Каталог).
5. Иващенко Н.Н. Автоматическое регулирование. Теория и элементы систем / Иващенко Н.Н.- М.: Машиностроение, 1978.- 736 с.
6. Топчиев Ю.И. Атлас для проектирования систем автоматического регулирования / Топчиев Ю.И.- М.: Машиностроение, 1989.- 752 с.

7. Кулагин А.В. Основы теории и конструирования объемных гидropередач / [Кулагин А.В., Демидов Ю.М., Прокофьев В.Н., Кондаков Л.А. ]; под ред. В.Н. Прокофьева.- М.: Высшая школа, 1968.
8. Крутько П.Д. Обратные задачи динамики управляемых систем: линейные модели / Крутько П.Д. - М.: Наука, 1987.- 304 с.
9. Крутько П.Д. Обратные задачи динамики управляемых систем: нелинейные модели / Крутько П.Д. - М.: Наука, 1988.- 328 с.
10. Корн Г. Справочник по высшей математике [для научных работников и инженеров] / Корн Г., Корн Т.-М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1973.- 832 с.
11. Бронштейн И.Н. Справочник по математике [для инженеров и учащихся втузов] / Бронштейн И.Н., Семедяев К.А.- М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981.- 720 с.
12. Демидович Б.П. Численные методы анализа / Демидович Б.П., Марон И.А., Шувалова И.З.- М.: Наука, 1967.- 368с.
13. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики / Марчук Г.И.- М.: Наука, 1980.- 536с.
14. Автоматизированное проектирование машиностроительного гидропривода / [И.И. Бажин, Ю.Г. Беренгард, М.М. Гайцори и др. ]; под общей ред. С.А. Ермакова.- М.: Машиностроение, 1988.- 312 с.

#### References

1. Kanyuk G.I. (2010). *Models and methods of structural and parametric synthesis of precision electrohydraulic servo systems automated test benches* (Doctoral thesis, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkov, Ukraine).
2. Kanyuk G.I. (2008). *Fast acting precision electro-hydraulic servo systems. Fundamentals of theory. Developments. Research*. Kharkov: Publishing house NTMT (in Rus.).
3. Kanyuk G.I. , Artyukh S.F., Mezerya A.YU.(2012). *Efficient energy-saving electro-hydraulic control servo systems*. Kharkov: Dot (in Rus.).
4. The team of compilers.(1992). *Efficient energy-saving electro-hydraulic control electro-hydraulic servo systems*. Moscow: Mechanical Engineering (in Rus.).
5. Ivaschenko N. N. (1978) *Automatic control. Theory and elements of systems*. Moscow: Mechanical Engineering (in Rus.).
6. Topcheyev YU. I. (1989).*Atlas for the design of automatic control systems*. Moscow: Mechanical Engineering (in Rus.).
7. Kulagin A.V. , Demidov YU.M. , Prokofyev V.N. , Kondakov L.A. (1968). *Fundamentals of the theory and construction of hydraulic volume*. Moscow: Higher School (in Rus.).
8. Krut'ko P.D. (1987). *Inverse problems of the dynamics of control systems: linear models*. Moscow: Nauka (in Rus.).
9. Krut'ko P.D. (1988). *Inverse problems of the dynamics of control systems: nonlinear models*. Moscow: Nauka (in Rus.).
10. Korn G., Korn T.(1973). *Handbook of higher mathematics*. Moscow: Nauka. The main edition of Physical and Mathematical Literature (in Rus.).
11. Bronshteyn I.N. , Semendyayev K.A. (1981). *Handbook of mathematics*. Moscow: Nauka. The main edition of Physical and Mathematical Literature (in Rus.).
12. Maron I.A. , Shuvalova E.Z (1967) .*Chislennyye metody of analysis*. Moscow: Nauka. (in Rus.).

13. Marchuk G.I. (1980). *Methods of Computational Mathematics*. Moscow: Nauka. (in Rus.).
14. Yermakova S.A. Bazhin I.I. , Berengard YU.G. , Gaytsgori M.M. (1988). *Computer-aided design of engineering hydraulic drive*. Moscow: Mechanical Engineering (in Rus.).

#### Анотація

**Г.Канюк, А. Мезеря, І. Бабенко, І.Сук, М. Козлова**

#### **ЗАГАЛЬНА УНІФІКОВАНА СТРУКТУРА ТА ПОСЛІДОВНІСТЬ КОНЦЕПТУАЛЬНОЇ РОЗРОБКИ ПРЕЦИЗІЙНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТА РЕГУЛЮВАННЯ**

*Розроблено універсальну і конкретизовану послідовність процесу створення швидкодійючих прецизійних САУ і САР, що включає детальний перелік, характеристики та взаємозв'язок основних етапів із зазначенням можливих проблем і шляхів їх вирішення. Розроблена методика представлена у вигляді послідовної наочної блок-схеми (алгоритму), чітко відбиває взаємозв'язку між окремими етапами, можливі проблемні ситуації і шляхи виходу з них. У статті дано детальний опис змісту окремих етапів з посиланнями на літературні джерела, в яких міститься необхідна конкретна інформація. Використання запропонованої методики допоможе розробникам формалізувати, уніфікувати і істотно спростити складний і трудомісткий процес створення прецизійних систем автоматичного управління технологічними процесами.*

**Ключові слова:** *прецизійні системи, автоматика, автоматизовані системи управління, система автоматичного управління, система автоматичного регулювання, енергозбереження.*

#### Summary

**G.I.Kaniuk , A.YU. Mezerya, I.A. Babenko, M. L. Kozlova, I.V. Suk**

#### **GENERAL UNIFIED STRUCTURE AND SEQUENCE CONCEPTUAL DESIGN PRECISION SYSTEMS AUTOMATIC CONTROL AND REGULATION**

*One of the main problems of high-speed precision automatic control and regulation systems for use in modern, energy- and resource-saving technological systems, is to provide the required high levels of quality control (mainly accuracy and speed) under the given constraints of energy and weight and size. Or, in terms of optimization theory, the problem is the need to find the best possible match between the two "raznogradientnymi" functionals, one that expresses the integrated management quality indicators should be the maximum value, the other (a complex of energy and weight and size characteristics) - min (or approaching limit level). The main difficulties to solve this problem is the need to find a combination of accounting and interference on the overall system performance of diverse physical processes and their respective technical elements - mechanical, hydraulic, electrical, electronic, information (cyber). Another problem caused by the use in automatic control systems and*

*regulation of complex heterogeneous physical processes and technical devices, associated with the testing, debugging and fine-tuning of the experimental samples. In the absence of positive results during the initial test (which is usually the case when you create a non-trivial systems with high performance, exceeding the current average level of development of the systems in this class), there is a dilemma in the search and localization of defects, which may occur as in the actuator, so and control system. Therefore, the use of the proposed methodology helps developers to formalize, to standardize and to simplify the complicated and time-consuming process of creating the precision of automatic process control.*

**Keywords:** *Precision systems, automation, automatic control, automatic control system, automatic regulation system, energy saving.*

*Одержано редакцією 10 11 2015  
Прийнято до друку 24 11 2015*