

**А.В. Трофимов, И.А. Зверев, Г.С. Тарадин, М.С. Аввакумов**

**О МЕТОДИКЕ РАЗРАБОТКИ МАРШРУТА  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ  
ЛЕСНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ**

*Введение.* Маршрут технологического процесса (ТП) определяет перечень и последовательность выполнения технологических операций. Формирование технологии – это решение сложной многовариантной задачи в условиях значительной неопределённости. Проектирование основывается главным образом на опыте и интуиции технолога, а также на очень небольшом числе формализованных рекомендаций. Содержание и последовательность работ определены стандартом Р 50-54-93-88 «Рекомендации. Классификация, разработка и применение технологических процессов» [Трофимов и др., 2024].

Задаче формирования общего плана обработки посвящено достаточно много исследований. Рекомендации часто носят разрозненный характер и требуют обобщения по видам продукции (деталь, сборочная единица, изделие в целом) для наиболее характерных условий производства лесного машиностроения.

Реализация технологий третьей и четвёртой научно-технических революций, применение современных систем автоматизации инженерных расчётов (CAD/CAE/CAM) также обуславливают необходимость систематизации требований общего характера.

*Цель работы* – формирование рекомендаций по разработке маршрута процесса создания изделий отраслевого машиностроения на основе стандартов ЕСТПП.

*Материалы и методика исследования.* Основой исследования послужили труды отечественных ученых в области проектирования технологических процессов машиностроения. В работе используются методы системного анализа, сбора и обработки информации.

*Результаты исследования.* Стадии проектирования ТП, установленные стандартом, представлены на схеме (рис. 1).

Из схемы следует, что формирование маршрута складывается из следующих этапов (рис. 2).



Рис. 1. Стадии проектирования ТП  
Fig. 1. Stages of TP design

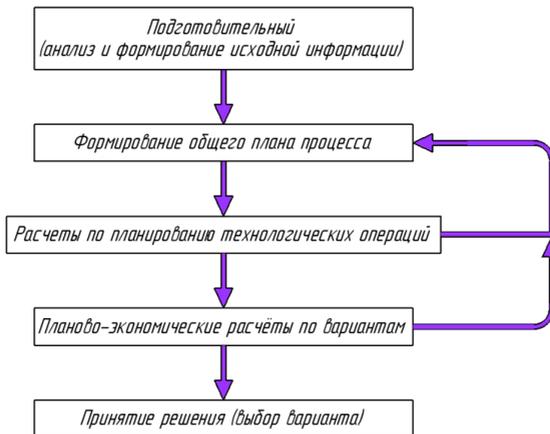


Рис. 2. Этапы проектирования маршрута ТП  
Fig. 2. Stages of designing the TP route

Рассмотрим рекомендации по формированию маршрута процесса применительно к технологиям обработки резанием и сборке изделий.

*Технологии обработки резанием.* Для технологий обработки резанием формирование поверхностей детали и их параметров предусматривает три этапа (рис. 3).



Рис. 3. Этапы формирования поверхностей  
Fig. 3. Stages of surface formation

На подготовительном этапе создаются условия для эффективного проведения операций обработки резанием. В зависимости от вида заготовки выполняются очистка поверхностей, разделение на отрезки мерной длины, правка, термическая обработка и другие действия.

В процессе трансформации заготовки решаются две группы задач – обеспечение геометрических параметров поверхностей и формирование физико-механических свойств материала с распределением по объёму изделия.

Планирование этапа предусматривает решение двух проблем. Требуется:

- для каждой формируемой поверхности установить необходимость реализации трёх стадий обработки – черновой, чистовой и отделочной;
- предварительно выбрать степень дифференциации обработки на (i) операций.

При разработке общей схемы этапа целесообразно придерживаться следующих рекомендаций.

- Технологические базы для последующих операций планировать в обработку в первую очередь.
- Последовательность операций реализовывать в порядке, обратном требованиям к точности параметров поверхности.
- Поверхности вспомогательного назначения предпочтительно формировать после чистовой обработки (резьба, отверстия, фаски, шлицы, канавки и др.).

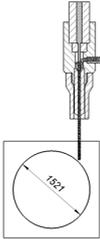
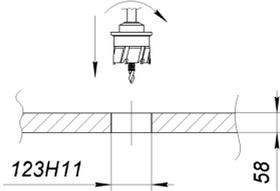
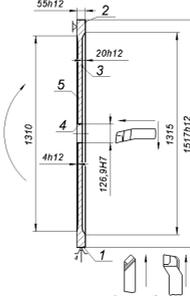
- Открытые поверхности с риском повреждения (например, наружная резьба) формируют в конце этапа обработки.
- Проведение операций термического воздействия должно сопровождаться введением в план обработки дополнительных процедур, например, восстановления баз [Трофимов, Горбачева, 2015].

Пример сформированной с соблюдением указанных рекомендаций структуры технологического процесса изготовления пильного диска захватно-срезающего устройства валочно-пакетирующей машины представлен в табл.1 [Зверев и др., 2023].

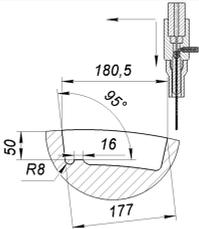
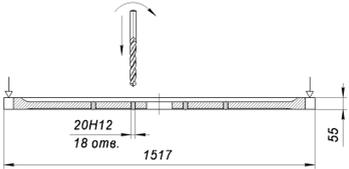
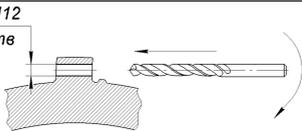
Таблица 1

**Маршрут изготовления детали «Пильный диск»**

**The route of manufacturing the «Disc saw blade» component**

№ операции	Наименование операций и их краткое содержание	Эскиз операции	Оборудование и инструмент
000	<p><i>Заготовительная</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Вырезать заготовку</li> <li>– Править заготовку</li> <li>– Объемная закалка на троостит со средним отпуском</li> </ul>		<p>Гидроабразивный станок; пресс; термопечь; закалочная ванна</p>
005	<p><i>Координатно-расточная</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Сверлить технологическое отверстие по центру заготовки</li> </ul>		<p>Координатно-расточной станок; корончатое сверло</p>
010	<p><i>Токарно-лобовая (2 установка)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Точить поверхность 1</li> <li>– Подрезать торец 2</li> <li>– Точить поверхность 3</li> <li>– Расточить чисто отверстие 4</li> <li>– Точить поверхность 5</li> </ul>		<p>Токарно-лобовой станок; резец прямой проходной; резец проходной упорный; резец расточной</p>

Окончание табл. 1

№ операции	Наименование операций и их краткое содержание	Эскиз операции	Оборудование и инструмент
015	<i>Гидроабразивная</i> – Вырезать технологические выступы диска		Гидроабразивный станок
020	<i>Сверлильная</i> – Сверлить отверстия прижимной оси		Радиально-сверлильный станок; сверло спиральное
025	<i>Горизонтально-расточная</i> – Сверлить отверстия под режущие элементы		Горизонтально-расточной станок; сверло спиральное
030	<i>Слесарная</i>		
035	<i>Очистная</i>		
040	<i>Контрольно-измерительная</i>		
045	<i>Упаковочная</i>		

*Технологии сборки изделий.* Применение рекомендаций единого стандарта по отношению к процессам сборки изделий имеет свои особенности по структуре и содержанию переходов.

Перечень и последовательность действий при формировании соединений и их параметров представлены на рис. 4.

Подготовительный этап реализуется, как правило, отдельно от основного. Часть вспомогательных процедур в мелко- и среднесерийном производствах включают в состав технологических операций по умолчанию (распаковка, промывка, продувка, протирка, осмотр и т. д.).

Технологию сборки изделия на основном этапе проектирования удобно представить в виде схемы, что существенно облегчает задачу разделения объекта на сборочные группы, разработку маршрута, планирование содержания операций [Трофимов и др., 2024].

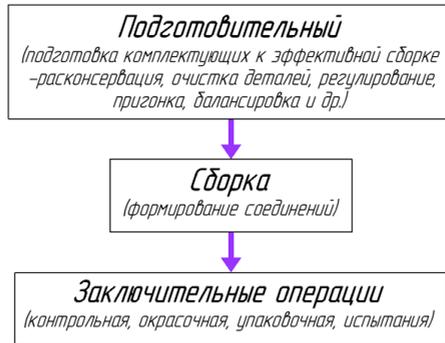


Рис. 4. Этапы формирования соединений  
Fig. 4. The stages of formation of compounds

На рис. 5а и б представлены элемент чертежа и схема сборки узла «верхний вал коробки передач».

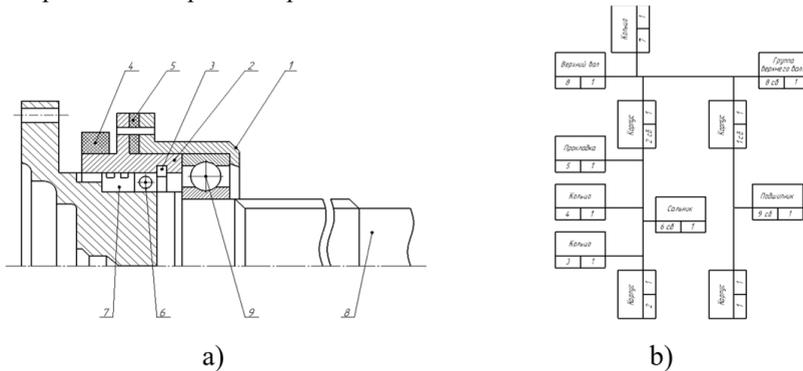


Рис. 5. Фрагмент чертежа (а) и схема сборки (б) узла «верхний вал коробки передач»

Fig. 5. A fragment of the drawing (a) and the assembly diagram (b) of the «upper shaft of the gearbox» assembly

Дифференциация объекта проводится с учётом следующих рекомендаций.

- Разделение объекта должно предусматривать наибольшее количество сборочных единиц при непоточной форме организации работ.
- Количество деталей и соединений в отдельной сборке должно быть небольшим, с учётом того, что излишняя дифференциация приводит к усложнению организации сборочных работ.

- Габариты и масса сборочных единиц должны соответствовать наличию и параметрам подъемно-транспортных средств.
- В процессе сборки и транспортировки сборочные единицы не рекомендуется разделять.
- Использование отдельных деталей в процессе сборки должно быть минимально необходимым.

Дополнительный эффект с точки зрения производительности и качества труда технолога достигается при использовании инструментальных средств CAD/CAM/CAE систем (например – программа «SOLIDWORKS», приложение Composer – см. рис. 6). Создание моделей сборки связано с необходимостью разработки твердотельных моделей отдельных элементов конструкции, её формирующих [Сорокин, Ануров, 2012; Варганов, Чан Чунг Та, 2020].

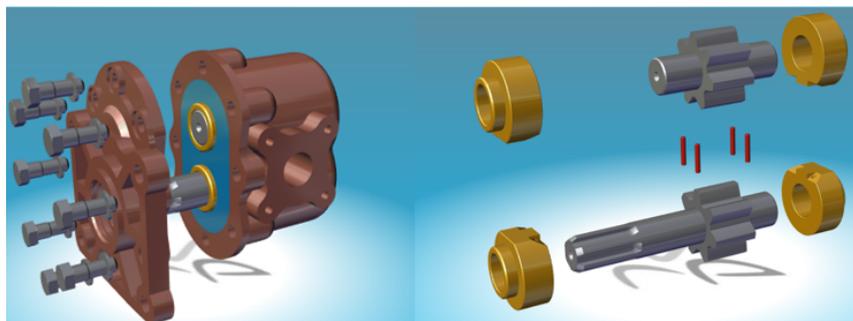


Рис. 6. Фрагменты пространственной модели шестерённого насоса НШ-32 с разнесёнными частями

Fig. 6. Fragments of the spatial model of the gear pump GP-32 with spaced parts

Обосновав состав работ (сборочных, регулировочных, пригоночных, подготовительных и контрольных), определяют содержание операций и переходов, выполняемых, как правило, на одном рабочем месте.

Стационарная, непоточная форма организации работ характерна для единичного и мелкосерийного производства отраслевого машиностроения и ремонта. В зависимости от решаемых задач возможно выделение отдельных операций (непоточная узловая сборка). *Например.*

- Сборка узлов гидропривода технологического оборудования требует выделения специализированного оборудования и оснастки, организации отдельных рабочих мест. Как следствие, планируется отдельная операция.

- Обеспечение соединения с натягом сопровождается применением габаритного оборудования, обслуживаемого квалифицированным персоналом, с организацией рабочего места. Необходима отдельная технологическая операция.

- Подготовка деталей к сборке требует наличия ёмкости (ванны), наполненной растворителем, с обеспечением специальных условий труда. Должно быть выделено и оборудовано рабочее место, т. е. запланирована отдельная операция.

Аналогичные примеры можно привести для действий, связанных с контролем параметров на специальном оборудовании.

Технологические операции обеспечения типовых соединений: подвижных и неподвижных; разборных и неразборных – и сборки различных видов передач (цепных, зубчатых и др.) подробно описаны в работах [Непомилуев, 2015; Осетров, Слащев, 2015; Вартанов, 2016; Зинченко, 2019; Тамаркин, Мельников, 2021].

В зависимости от структуры операций проводится выбор технологического и вспомогательного оборудования: стендов, элементов технологической оснастки, подъемно-транспортных средств и др.

#### *Заключение.*

1. Формирование маршрутов технологических процессов в машиностроении основано на рекомендациях стандарта и в значительной степени на интуиции и опыте технолога.

2. Повышение эффективности проектирования может быть обеспечено соблюдением рекомендаций, разработанных на основе функционального анализа структуры плана изготовления.

3. Эффективность проектирования процесса с точки зрения производительности и качества труда технолога может быть обеспечена применением инструментальных средств CAD/CAM/CAE систем (например – программа «SOLIDWORKS», приложение Composer).

*Конфликт интересов.* Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### **Библиографический список**

*Вартанов М.В.* Методика обеспечения технологичности конструкций изделий машиностроения в процессе проектирования // Автоматизация и современные технологии. 2016. С. 36–37.

*Вартанов М.В., Чан Чунг Та.* Сборочное производство: проблемы и решения // СТАНКОИНСТРУМЕНТ. 2020. №2 (019). С. 22–29.

*Зверев И.А., Трофимов А.В., Скобелкин Д.А.* Анализ технологического процесса изготовления пильного диска захватно-срезающего устройства // Сборник статей по материалам НТК института технологических машин и транспорта леса по итогам НИР 2022 года. СПб.: СПбГЛТУ, 2023. С. 178–183.

*Зинченко Д.* Особенности и преимущества системы АДЕМ в области создания управляющих программ для станков с ЧПУ // СТАНКОИНСТРУМЕНТ. 2019. № 2 (015). С. 66–71.

*Непомилуев В.В.* Обеспечение устойчивости процесса сборки на основе индивидуального подбора деталей // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2015. № 11. С. 7–11.

*Осетров В.Г., Слащев Е.С.* Сборка в машиностроении, приборостроении. Теория, технология и организация: монография. Ижевск: Ижевский институт комплексного приборостроения, 2015. 327 с.

*Сорокин М.Н., Ануров Ю.Н.* Анализ собираемости изделий типа «вал-тулка» // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2012. № 1. С. 23–26.

*Тамаркин М.А., Мельников А.С.* Особенности обеспечения некоторых показателей точности изделия в технологических процессах сборки // Современные технологии сборки: материалы научно-технического семинара. Московский Политех, 2021. С. 6–16.

*Трофимов А.В., Горбачёва Т.И.* О месте термической и химико-термической обработки в технологическом процессе изготовления деталей лесных машин // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2015. Вып. 212. С. 167–175.

*Трофимов А.В., Зверев И.А., Мужеев Е.А.,* Проектирование технологических процессов в машиностроении. Проектирование технологических процессов сборки изделий: учебное пособие. СПб.: СПбГЛТУ, 2024. 85 с.

## References

*Nepomiluyev V.V.* Ensuring the stability of the assembly process based on individual selection of parts. *Assembly in mechanical engineering, instrumentation*, 2015, no. 11, pp. 7–11. (In Russ.)

*Osetrov V.G., Slashchev E.S.* Assembly in mechanical engineering. Instrumentation theory, technology and organization: monograph. Izhevsk: Izhevsk Institute of Integrated Instrument Engineering, 2015. 327 p. (In Russ.)

*Sorokin M.N., Anurov Yu.N.* Analysis of the assemblability of products of the «shaft-sleeve» type. *Assembly in mechanical engineering, instrumentation*, 2012, no. 1, pp. 23–26. (In Russ.)

*Tamarkin M.A., Melnikov A.S.* Features of ensuring some indicators of product accuracy in assembly processes. *Modern assembly technologies: mater. of sci.-tech. seminar*. Moscow Polytechnic University, 2021, pp. 6–16. (In Russ.)

*Trofimov A.V., Gorbacheva T.I.* On the place of thermal and chemical-thermal treatment in the technological process of manufacturing parts of forest machines. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehnicoskoj Akademii*, 2015, iss. 212, pp. 167–175. (In Russ.)

*Trofimov A.V., Zverev I.A., Muzheev E.A.* Design of technological processes in mechanical engineering. Designing technological processes for assembling products: textbook. St. Petersburg: SPbSFTU, 2024. 85 p. (In Russ.)

*Vartanov M.V.* Methodology for ensuring the manufacturability of mechanical engineering products in the design process. *Automation and modern technologies*, 2016, pp. 37–36. (In Russ.)

*Vartanov M.V., Chan Chung Ta.* Assembly production: problems and solutions. *STANKOINSTRUMENT*, 2020, no. 2(019), pp. 22–29. (In Russ.)

*Zinchenko D.* Features and advantages of the ADEM system in the field of creating control programs for CNC machines. *STANKOINSTRUMENT*, 2019, no. 2(015), pp. 66–71. (In Russ.)

*Zverev I.A., Trofimov A.V., Skobelkin D.A.* Analysis of the technological process of manufacturing a saw blade of a gripping and shearing device. *Collection of articles based on the materials of the NTC Institute of Technological Machines and Forest Transport based on the results of research in 2022*. St. Petersburg, 2023, pp. 178–183. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 24.03.2024

---

**Трофимов А.В., Зверев И.А., Тарадин Г.С., Аввакумов М.С.** О методике разработки маршрута технологического процесса изготовления изделий лесного машиностроения // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2025. Вып. 252. С. 304–316. DOI: 10.21266/2079-4304.2025.252.304-316

Рекомендации по проектированию технологических процессов машиностроительных производств часто носят разрозненный характер и требуют обобщения по видам продукции (деталь, сборочная единица, изделие в целом) для наиболее характерных условий отраслевого машиностроения. Применение современных систем автоматизации инженерных расчётов (CAD/CAE/CAM) также обуславливает необходимость формирования системных требований общего характера, что и определило цель и задачи представленной работы. В статье рассматриваются методические вопросы формирования маршрута технологических процессов изготовления деталей и сборки изделий в лесном машиностроении. Процесс создания технологии разделён на части, сформулированы задачи каждого этапа и наиболее рациональные способы их решения. Представлены принципы формирования структуры процесса, последовательности переходов и технологических

операций. Сформированы рекомендации по дифференциации создаваемого объекта как по поверхностям обработки, так и количеству сборочных единиц с учётом особенностей ремонтного и мелкосерийного производства. Материал иллюстрирован примерами проектирования процессов, сформированных с соблюдением указанных рекомендаций (технология изготовления пильного диска захватно-срезающего устройства валочно-паketирующей машины). Эффективность создания сборочных процессов может быть существенно повышена предварительной разработкой схем сборки. Рассмотрен вопрос повышения качества труда инженера-технолога применением современных CAD/CAM/CAE систем, обеспечивающих эффективную работу с базами данных и структурными элементами дерева технологий. Представлены варианты формирования схем сборки, иллюстрированных с применением программы «SOLIDWORKS», приложения Composer.

**Ключевые слова:** лесное машиностроение, технологический процесс, этапы проектирования, обработка резанием, сборка изделий, компьютерные технологии.

**Trofimov A.V., Zverev I.A., Taradin G.S., Avvakumov M.S.** About the methodology for developing the route of the technological process of manufacturing forest engineering products. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehniceskoi Akademii*, 2025, iss. 252, pp. 304–316 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2025.252.304-316

Recommendations on the design of technological processes in machine-building industries are often fragmented and require generalization by product type (part, assembly unit, product as a whole) for the most typical conditions of industrial engineering. The use of modern automation systems for engineering calculations (CAD/CAE/CAM) also necessitates the formation of general system requirements, which determined the purpose and objectives of the presented work. The article discusses the methodological issues of forming the route of technological processes for manufacturing parts and assembling products in forestry engineering. The process of technology creation is divided into parts, the tasks of each stage and the most rational ways to solve them are formulated. The principles of forming the structure of the process, the sequence of transitions and technological operations are presented. Recommendations have been formed on the differentiation of the created object both by processing surfaces and the number of assembly units, taking into account the peculiarities of repair and small-scale production. The material is illustrated with examples of the design of processes formed in compliance with these recommendations (manufacturing technology of the saw blade of the gripping and shearing device of the felling machine). The efficiency of creating assembly processes can be significantly increased by the preliminary development of assembly schemes. The issue of improving the quality of work of a process engineer using modern

CAD/CAM/CAE systems that ensure effective work with databases and structural elements of the technology tree is considered. The variants of the formation of assembly diagrams illustrated using the program «SOLIDWORKS», the Composer application are presented.

**Key words:** forestry engineering, technological process, design stages, cutting, product assembly, computer technology.

---

**ТРОФИМОВ Александр Викторович** – доцент кафедры лесного машиностроения, сервиса и ремонта Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, кандидат технических наук, доцент. SPIN-код: 8933-0230.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: agregat9@yandex.ru

**TROFIMOV Alexander V.** – PhD (Technical), Associate Professor of Forestry Engineering, Service and Repair Department, St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 8933-0230.

194021. Institutsky per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: agregat9@yandex.ru

**ЗВЕРЕВ Игорь Андреевич** – ассистент кафедры лесного машиностроения, сервиса и ремонта Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова. SPIN-код: 1126-2121. ORCID: 0000-0002-8163-7489.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: igorzv1997@gmail.com

**ZVEREV Igor A.** – Assistant of Forestry Engineering, Service and Repair Department, St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 1126-2121. ORCID: 0000-0002-8163-7489.

194021. Institutsky per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: igorzv1997@gmail.com

**ТАРАДИН Григорий Сергеевич** – доцент кафедры лесного машиностроения, сервиса и ремонта Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова. SPIN-код: 5247-6595.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: grisha190@mail.ru

**TARADIN Grigory S.** – PhD (Technical), Associate Professor of Forestry Engineering, Service and Repair Department, St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 5247-6595.

194021. Institutsky per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: grisha190@mail.ru

**АВВАКУМОВ Максим Сергеевич** – магистрант, учебный мастер кафедры лесного машиностроения, сервиса и ремонта Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: [архумакс@mail.ru](mailto:архумакс@mail.ru)

**AVVAKUMOV Maksim S.** – Master's degree student, Educational Master of Forestry Engineering, Service and Repair Department, St.Petersburg State Forest Technical University.

194021. Institutsky per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: [архумакс@mail.ru](mailto:архумакс@mail.ru)