

Международный открытый форум

УДК 621.311.8

DOI: 10.30987/1999-8775-2021-4-47-53

А.А. Киричек

**РЕЗЕРВНОЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ
ПЕРВОЙ КАТЕГОРИИ**

Выполнен поиск решения по усовершенствованию процесса обеспечения резервным энергоснабжением потребителей первой категории. Проведен сравнительный анализ всех доступных систем резервного энергоснабжения, включая те, что ранее не применялись для энергоснабжения наиболее ответственных потребителей. Предложены микротурбинные установки как наиболее эффективные и удобные в эксплуатации. В основе метода исследования лежит принцип сравнения, позволяющий выбрать наиболее подходящее решение. Результаты исследования являются принципно-

ально новым решением для данной области исследования, так как ранее микротурбинные установки не применялись для резервного энергоснабжения потребителей первой категории. Представлены различные варианты резервного энергообеспечения, выполнена постановка задачи с учетом предъявляемых требований, описаны исследуемые объекты и представлены выводы по наилучшему варианту обеспечения теплоэлектроэнергией потребителей первой категории.

Ключевые слова: энергоснабжение, генератор, микротурбинная установка, исследование.

А.А. Kirichek

**POWER BACKUP SUPPLY FOR CONSUMERS
OF THE FIRST CATEGORY**

The paper is dedicated to the methods of heat-power backup supply. A search for a solution to update a process of power backup supply to consumers of the first category is carried out.

There is carried out a comparative analysis of all accessible systems for power backup supply including those which were not used earlier for the most significant consumers. As a solution in the paper there are offered micro-turbine installations as the most efficient and convenient in operation. The method is based on the principle of comparison allowing the choice of the most suitable solution. The investigation results are

a fundamentally new solution for this field of researches as micro-turbine installations were not used earlier for power backup supply of consumers of the first category.

Various versions of power backup supply are presented, problem setting is carried out taking into account the requirements made, the objects under investigations are described and conclusions on the best version for heat-power backup supply of the consumers of the first category are presented.

Key words: power supply, generator, micro-turbine installation, investigation.

Введение

К первой категории энергопотребления относятся наиболее важные потребители, перерыв в энергоснабжении которых может привести к серьезным последствиям, в частности крупным катастрофам и большому материальному ущербу [1].

К потребителям данной категории можно отнести:

- различные виды промышленности, в частности горнодобывающую, химическую, а также опасные производства;
- городские системы жизнеобеспече-

ния, в частности насосные станции, котельные и т.п.;

- значимые объекты здравоохранения, к примеру медицинские учреждения, отделения реанимации, акушерские отделения;

- тяговые подстанции городского электрифицированного транспорта;

- установки связи, диспетчерские пункты городских систем, серверные помещения;

- устройства пожарной сигнализации,

противопожарные устройства.

Потребители данной категории нуждаются в питании от нескольких независимых источников, например, двух линий электропередач, функционирующих от отдельных силовых трансформаторов, генераторов и т.п.

Основная часть

Существует много вариантов обеспечения резервной электроэнергией: ветро-электрические установки, солнечные электростанции, источники бесперебойного питания, бензиновые и дизельные генераторы и т.д. Чаще всего, в качестве резервных источников энергоснабжения для энергопотребителей первой категории используются различные виды генераторов (дизельные, бензиновые, газовые), которые располагаются внутри здания или снаружи в морозостойких шумозащитных контейнерах. Однако данные способы обеспечения электро-тепло энергией уже значительно устарели и не являются эталоном качества и надежности [3].

В настоящее время к источникам аварийного питания, получившим широкое распространение, можно отнести:

1. Бензиновый генератор - устройство, преобразующее энергию, вырабатываемую в процессе сгорания бензина в двигателе внутреннего сгорания в электрическую.

Бензиновый генератор обладает следующими достоинствами: возможностью работы при отрицательных температурах (на открытом воздухе), низким рабочим шумом (50-70 дБ), наличием топлива, компактностью, уменьшенным весом, низкой стоимостью.

Однако имеет целый ряд недостатков, например: невысокий моторесурс, необходимость проведения регулярного ТО, высокие требования к качеству топлива и др. [4].

2. Дизельный генератор преобразует механическую энергию, генерируемую в двигателе во время сгорания дизельного топлива, в электрическую.

Дизельный генератор обладает рядом достоинств: возможностью работы в любых погодных условиях (на открытом воздухе), большим ресурсом двигателя и вре-

раторов и т.п. Для большей надежности допускается использование трех и более резервных источников. Главная задача – исключить возможные перерывы в электроснабжении потребителей первой категории [2].

менем непрерывной работы (промышленные дизель-генераторы рассчитаны на непрерывную работу), большой эффективностью и экономичностью (по сравнению с бензиновым генератором).

Дизельный генератор имеет меньшее количество недостатков, чем бензиновый, однако они не менее существенны. К примеру, такие устройства тяжело завести при температуре меньше -5°C . Также, если к генератору подключено меньше 40% нагрузки (от номинала), то двигатель перестанет работать, да и стоимость таких генераторов выше [5].

3. Газогенератор преобразует механическую энергию, генерируемую в двигателе при сжигании газообразного топлива, в электричество.

Обладает рядом преимуществ: возможностью размещения и дома и на улице, значительным ресурсом двигателя и наибольшим (из генераторов) временем непрерывной работы, а также меньшими вредными выбросами в атмосферу бесшумной работой и высоким КПД.

Основными недостатками являются: многокомпонентность функциональных частей, множество взаимозависимых элементов, необходимость постоянного поддержания работы путем загрузки топливного сырья.

4. Источник бесперебойного питания (ИБП) обеспечивает резервной энергией благодаря дополнительным источникам - батареям. Помимо резервирования он также выполняет функцию улучшения качества электроэнергии, обеспечивая ее характеристики в определенных пределах [6].

Обладает рядом преимуществ: встроенной функцией автоматического включения (без дополнительных затрат на ее реализацию), экологичностью, стабилизацией питающего напряжения, защитой от скач-

ков напряжения (на основном входе), фильтрацией сетевых помех.

Основными недостатками ИБП являются: ограниченная мощность до 5 кВт, необходимость замены батареи каждые 3-5 лет, непродолжительное время работы, шум при работе, высокая стоимость. Кроме этого, их нельзя размещать на открытом воздухе или в неотапливаемых помещениях [7].

5. Солнечная электростанция — это комплекс устройств, вырабатывающих электрическую энергию из солнечного света.

Обладает рядом достоинств, например: бесплатное топливо, неограниченное время автономной работы, доступность, бесшумная работа, экологичность.

Однако недостатков значительно больше: производительность электростанции зависит от климатических условий и времени суток, требуется поверхность для установки солнечных модулей, стоимость оборудования высока. Зависимость от времени суток полностью компенсируется использованием аккумуляторных батарей, но их необходимо заменять каждые 3-5 лет, а солнечные панели постоянно очищать от загрязнений.

6. Ветровая электростанция — не-

сколько ветрогенераторов, объединенных в единую сеть. Ветроэлектростанции используют энергию ветра для выработки электроэнергии. Для стабильного получения электричества установкой данного типа, требуется ветер со скоростью не менее 10 м/с. Принимая во внимание статистику за год, в большинстве широт, пригодных для проживания, скорость ветра равняется максимум 2-4 м/с. Это свидетельствует о том, что ветроэлектрическая установка большую часть времени, элементарно не будет работать.

Достоинства: экологичность, неисчерпаемость, возобновляемость [8].

Недостатки: нестабильность, высокая стоимость электрогенераторов, шумность, помехи для систем связи.

7. Менее широкое распространение в России получили микротурбинные установки (МТУ) (рис. 1). Они позволяют стабильно вырабатывать качественную энергию из топлива различных видов на месте потребления или в непосредственной близости. Использование выхлопных газов для подогрева сетевой воды позволяет использовать микротурбинные установки не только для получения электричества, но и для выработки тепловой энергии [9].

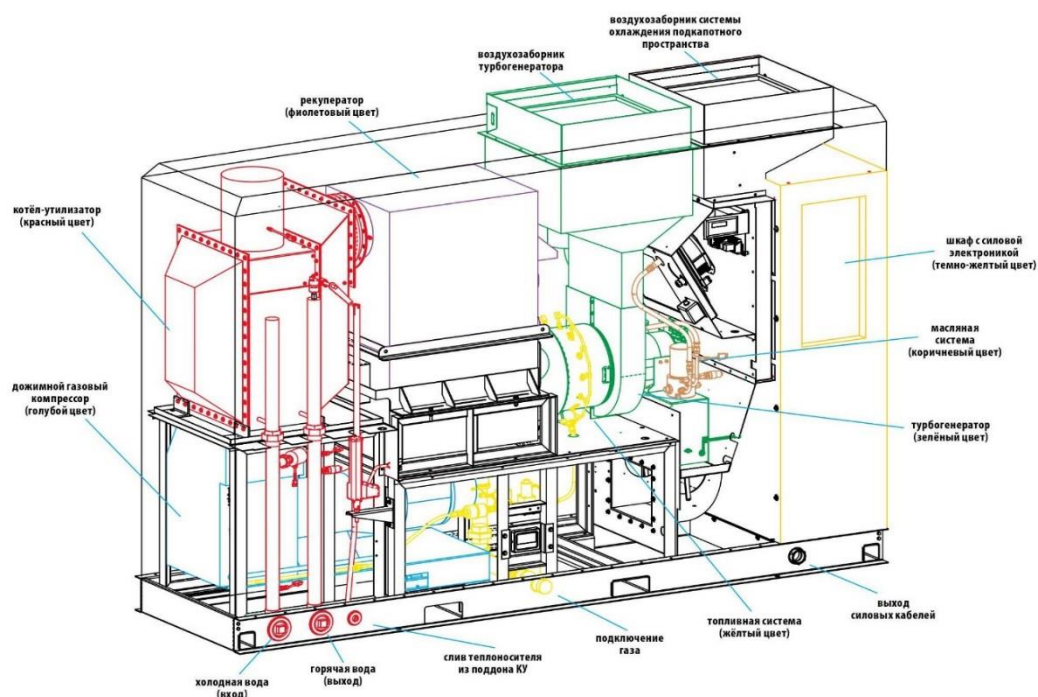


Рис. 1. Общий вид и компоненты МТУ

Описание предложенного решения

Основной и наиболее наукоёмкой частью МТУ является турбогенератор (рис. 2, 3). В отличие от турбоагрегатов, созданных на основе авиационных двигателей, он имеет ряд существенных отличий. В частности, эти отличия обусловлены:

- количественным сокращением трудоёмких в изготовлении деталей, узлов и агрегатов, требующих высокой точности;
- применением в конструкции решений, используемых в наземных силовых

установках, например: рекуператор, гидродинамический подшипник скольжения, низкоэмиссионная камера сгорания;

- низкими затратами на регулярное обслуживание;
- низкой степенью повышения давления на выходе из компрессора;
- отсутствием потребности в проведении регулярных ремонтных работ [10].

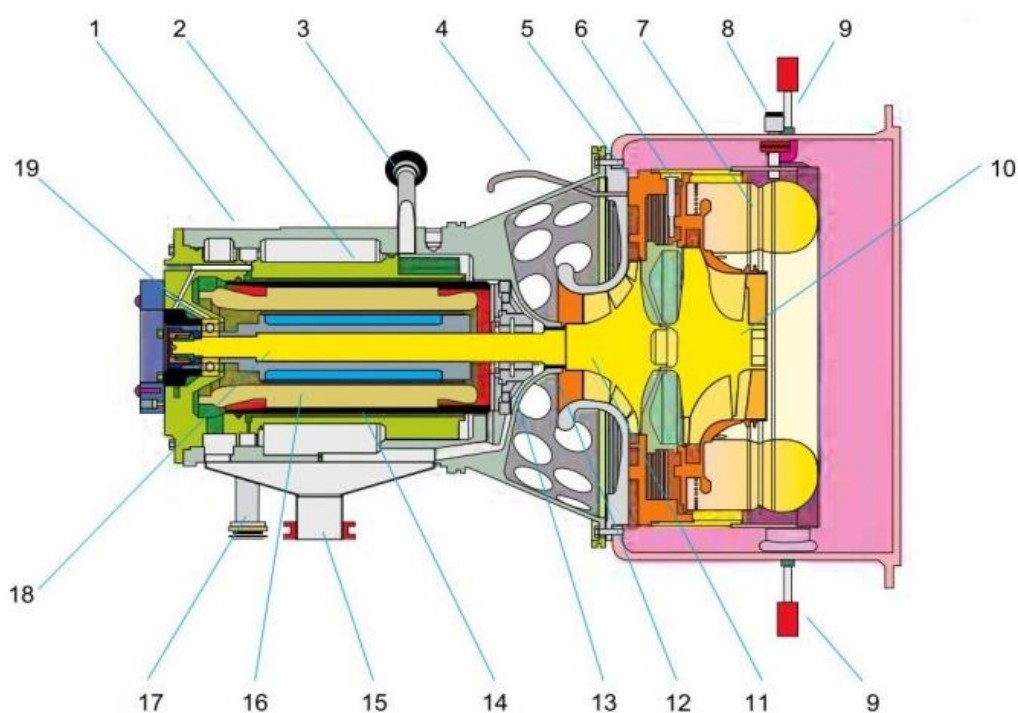


Рис. 2. Общий вид турбоагрегатора:

- 1 – корпус; 2 – корпус статорной части; 3 – маслопровод (подвод масла);
- 4 – воздухопровод для поддува лабиринтного уплотнения;
- 5 – диффузор; 6 – сопловой аппарат; 7 – жаровая труба; 8 – свеча зажигания;
- 9 – топливный коллектор; 10 – колесо турбины; 11 – колесо компрессора;
- 12 – лабиринтное уплотнение; 13 – гидродинамический подшипник;
- 14 – статорные обмотки; 15 – горловина слива масла;
- 16 – постоянные магниты; 17 – слив масла; 18 – ротор;
- 19 – керамический подшипник качения

Самая важная часть турбогенератора – ротор. Он изготавливается из стали высокой прочности и размещает на себе:

- втулку высокоскоростного синхронного генератора с 2-мя запрессованными постоянными магнитами;
- колесо одноступенчатой центро-

стремительной турбины, изготовленное из термостойкого сплава, закрепленное на основной части ротора с помощью сварки трением.

- колесо одноступенчатого центробежного компрессора [11].

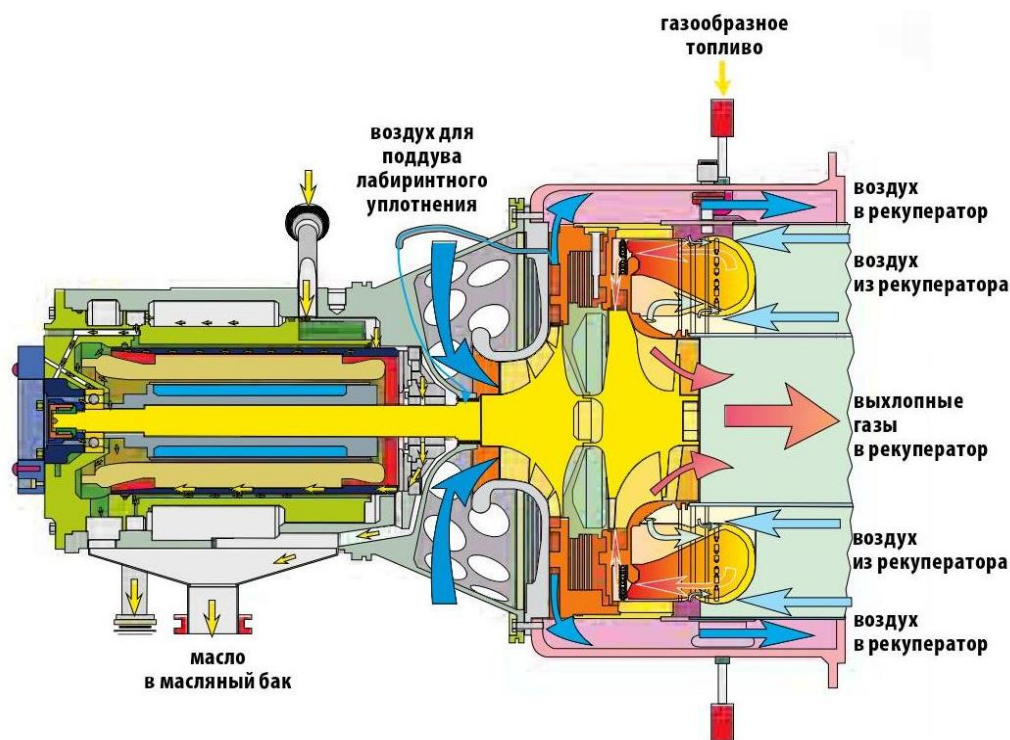


Рис. 3. Схема движения газозвдушной смеси внутри турбогенератора

По сравнению с генераторами другого типа, микротурбинные установки обладают большим количеством преимуществ, в частности:

- возможностью эксплуатации не только в автономном режиме, но и одновременно с сетью;
- возможностью выдерживать скачки нагрузки от 0 до 100%;
- большим интервалом между регулярным техническим обслуживанием;
- возможностью непрерывно функционировать в течении длительного вре-

Выводы

На основании всей представленной информации можно сделать вывод, что микрогенераторы являются лучшим решением для обеспечения резервным энерго-снабжением потребителей первой категории. Именно МТУ способны лучшим образом обеспечить жизненно важные отрасли (телекоммуникацию, финансы, непрерыв-

мени как при низких нагрузках, так и в режиме холостого хода;

- отсутствием необходимости в частых затратах на смазочные материалы;
- низким износом в следствии отсутствия большого количества движущихся частей;
- возможностью функционировать на топливе с минимальной концентрацией метана;
- практически полным отсутствием вибраций [12].

ное производство) и системы жизнеобеспечения бесперебойной энергией. Использование микротурбин позволит не только обеспечить получение энергии высокого качества, но и извлечь экономическую выгоду, а также сберечь окружающую среду, что не маловажно в текущих условиях непрерывного загрязнения экологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хохлов, А. Распределенная энергетика в России: потенциал развития / А. Хохлов, Ю. Мельников, Ф. Веселов [и др.]. – Москва : Энергетический центр Московской школы управления СКОЛКОВО, 2017.
2. Иванов, И. В. Перспективы использования газотурбинных технологий в энергетике России / И. В. Иванов, С. А. Струговец, А. Ю. Чечулин. - Уфа : УГАТУ, 2009. – С. 26-31.
3. Турышева, А.В. Автономное энергоснабжение

- нефтегазодобывающих предприятий / А. В. Тuryшева // Санкт-Петербург: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2015. – С. 94-96.
4. **Терехин, А. Н.** Перспективы развития автономных источников энергоснабжения на базе газопоршневых и газотурбинных двигателей / А. Н. Терехин, И. В. Слесаренко, А. В. Горланов [и др.]. // Двигателестроение. – 2007. – № 1. – С. 30-33.
 5. **Быстрицкий, Г. Ф.** Установки автономного и резервного электроснабжения / Г. Ф. Быстрицкий // Промышленная энергетика. – 2008. – № 2. – С. 13-23.
 6. **Гусаров, В. А.** Создание микрогазотурбинного двигателя на основе турбокомпрессора ДВС / В. А. Гусаров, Я. В. Кулагин // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2015. – № 3. – 70-75 с.
 7. **Гусаров, В. А.** Разработка газотурбинного двигателя, работающего на биогазовом топливе / В. А. Гусаров, Я. В. Кулагин // Вестник федерального научного агроинженерного центра ВИМ. – 2013. – №1. – С. 68-76.
 8. **Илюшин, С. А.** Внедрение систем телемеханики с возобновляемыми источниками электропирания / С. А. Илюшин, С. А. Лавров // Автоматизация в промышленности. – 2015. – № 11. – С. 8-12.
 9. **Делков, А. В.** Проблемы и перспективы создания установок резервного электроснабжения на базе газотурбинных двигателей / А. В. Делков, М. Г. Мелкозеров // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2010. – №6 – С. 80-81.
 10. **Гусаров, В. А.** Газотурбинные технологии для автономного электроснабжения / В. А. Гусаров, Я. В. Кулагин // Газотурбинные технологии. – 2012. – № 7 – С. 36-38.
 11. **Qiang, Ya.** Smart Power Distribution Systems: Control, Communication and Optimization / Qiang Yang, Ting Yang, Wie Li. – Elsevier, Academic Press, 2019. – 630 с. – ISBN: 9780128121542.
 12. **Backman, J. L. H.** Small and Micro Combined Heat and Power (CHP) Systems // Microturbine systems for small combined heat and power (CHP) applications / J. L. H. Backman, J. Kaikko. – Текст : электронный. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/284506124/>. – (дата обращения: 20.02.2021). – DOI: 10.1533/9780857092755.2.147.
1. **Khokhlov, A.** *Distributed Power Engineering in Russia: Potential for Development* / A. Khokhlov, Yu. Melnikov, F. Veselov [et al.]. – Moscow: Power Center of SKOLKOVO Management School of Moscow, 2017.
 2. **Ivanov, I.V.** *Outlooks in Gas Turbine Technology Use in Power Engineering of Russia* / I.V. Ivanov, S.A. Strugovets, A.Yu. Chechulin. – Ufa: USATU, 2009. – pp. 26-31.
 3. **Turyшева, A.V.** *Isolated Power Supply of Oil-Gas Producing Companies* / A.V. Turyшева // Saint-Petersburg: “Mining” National Mineral and Raw University, 2015. – pp. 94-96.
 4. **Teryokhin, A.N.** Outlooks in development of autonomous sources of power supply based on gaspiston and gas-turbine engines / A.N. Teryokhin, I.V. Slesarenko, A.V. Gorlanov [et al.]. // *Engine Manufacturing*. – 2007. – No.1. – pp. 30-33.
 5. **Bystritsky, G.F** Plant for autonomous and power backup supply / G.F. Bystritsky // *Industrial Power Engineering*. – 2008. – No.2. – pp. 13-23.
 6. **Gusarov, V.A.** Micro-gas-turbine engine development based on turbine compressor of internal combustion engine / V.A. Gusarov, Ya.V. Kulagin // *Bulletin of Saratov State Technical University*. – 2015. – No.3. – pp. 70-75.
 7. **Gusarov, V.A.** Development of gas turbine engine powered by bio-gas fuel / V.A. Gusarov, Ya.V. Kulagin // *Bulletin of Federal Scientific Agricultural-Engineering VIM Center*. – 2013. – No.1. – pp. 68-76.
 8. **Iyushin, S.A.** Introduction of telemechanics systems with renewable power sources / S.A. Iyushin, S.A. Lavrov // *Automation in Industry*. – 2015. – No.11. – pp. 8-12.
 9. **Delkov, A.V.** Problems and outlooks in development of plants for power backup supply based on gas turbine engines / A.V. Delkov, M.G. Melkozoyrov // *Urgent Problems of Aircraft and Cosmonautics*. – 2010. – No.6 – pp. 80-81.
 10. **Gusarov, V.A.** Gas turbine technologies for autonomous power supply / V.A. Gusarov, Ya.V. Kulagin // *Gas Turbine Technologies*. – 2012. – No.7 – pp. 36-38.
 11. **Qiang, Ya.** Smart Power Distribution Systems: Control, Communication and Optimization / Qiang Yang, Ting Yang, Wie Li. – Elsevier, Academic Press, 2019. – 630 с. – ISBN: 9780128121542.
 12. **Backman, J. L. H.** Small and Micro Combined Heat and Power (CHP) Systems // Microturbine systems for small combined heat and power (CHP) applications / J. L. H. Backman, J. Kaikko. – Текст : электронный. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/284506124/>. – (дата обращения: 20.02.2021). – DOI: 10.1533/9780857092755.2.147.

Ссылка цитирования:

Киричек, А.А. Резервное энергоснабжение потребителей первой категории / А.А. Киричек // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2021. – № 4. – С. 47 - 53. DOI: 10.30987/1999-8775-2021-4-47-53.

*Статья поступила в редакцию 19.02.21.
Рецензент: д.т.н., профессор Муромского филиала (института)
Владимирского государственного университета,
Соловьев Д.Л.,
член редсовета журнала «Вестник БГТУ».
Статья принята к публикации 25.03.21.*

Сведения об авторах

Киричек Алексей Андреевич, магистрант, Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, e-mail: alexkirichek@yandex.ru.

Kirichek Alexey Andreevich, Master student, Turge-
nev State University of Orel, e-mail: alexki-
richek@yandex.ru.