

---

# РЕЗЮМЕ ПРОЕКТА

Система диагностики и предиктивной аналитики состояния энергетических установок REDSystems

---



# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

- 3** ➤ ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ
- 4** ➤ ПРОБЛЕМА И РЕШЕНИЕ
- 11** ➤ ТЕХНОЛОГИЯ
- 17** ➤ СХЕМА КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ
- 18** ➤ КОНКУРИРУЮЩИЕ РЕШЕНИЯ
- 22** ➤ ПАРАМЕТРЫ РЫНКА
- 23** ➤ КОМАНДА
- 32** ➤ РЕСУРСЫ
- 33** ➤ ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ
- 41** ➤ СВЕДЕНИЯ О ЮРИДИЧЕСКОМ ЛИЦЕ (заявителем по предварительной экспертизе не заполняются)
- 42** ➤ ПРИЛОЖЕНИЕ К ОПИСАНИЮ ТЕХНОЛОГИИ

# ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

---

## 1. Название проекта

Система диагностики и предиктивной аналитики состояния энергетических установок REDSystems

## 2. Наименование (ФИО) Соискателя (Заявителя по предварительной экспертизе)

Ольшевский Сергей Николаевич

## 3. Направление, к которому относится проект

в. Передовые производственные технологии, ядерные и космические технологии

## 4. Краткое резюме проекта (5 предложений) с указанием имеющихся наработок и основных целей развития проекта

Система на базе разработанных программных и аппаратных решений предназначена для диагностирования состояния и прогнозирования отказов энергетических установок с целью повышения их показателей эффективности работы за счет применения функциональных обобщенных моделей состояния. Универсальный характер платформы позволяет создавать индивидуальные решения и делает ее доступной для следующих отраслей: тяговая ж/д техника, судостроение, малая энергетика, горнорудная промышленность.

## 5. Контактное лицо по проекту (лицо, заполнявшее анкету)

а. ФИО	Ольшевский Сергей Николаевич
б. Телефон	+79039977555
с. E-mail	osnrpm@gmail.com

## 6. Опишите проблему, на решение которой направлен проект

### а. Описание проблемы

В энергетической и транспортной отраслях силовые машины, установки (поршневые, тепловые двигатели, насосы, компрессоры и др.) являются основным исполнительным узлом. Для указанных отраслей стоимость приобретения и обслуживания силовых машин, в том числе в случае отказов, и соответствующие затраты от простоя составляют десятки млн рублей и более.

Отказы силовых машин главным образом происходят из-за процессов износа, а также выхода за пределы оптимального режима работы, находясь в состоянии «скрытого» отказа (состояния работы, в котором оборуд-е снижает свое время наработки на отказ и эффек-ть своей работы).

Работа в состоянии «скрытого» отказа приводит к потере эффективной мощности и ресурса силовых машин:

- снижается эффективность их эксплуатации на 5 – 20%;
- повышается расход топлива/энергии на 3 – 15 %;
- повышается риск глобального отказа оборудования или комплекса в целом и увеличиваются затраты на устранение последствий отказа и восстановления работоспособности (затраты могут достигать до 100% первоначальной стоимости приобретения установки).

Изменение мощности оказывает существенное влияние на значение условного механического коэффициента полезного действия (КПДмех) силовой машины, который в процессе работы постоянно снижается из-за физических процессов деградации, по нашей оценке:

- у новой машины по линейной зависимости на 5 – 10 %;
- у изношенной машины по экспоненциальной зависимости на 10 - 30%;
- снижение КПДмех на 20% – это аварийный режим работы.

Существующие решения по мониторингу и прогнозированию отказов состояния силовых машин и установок основаны на измерении в реальном времени множества параметров и их интерпретации (виброакустика, температура, давление, ток и напряжение питания и множество других параметров машин, характеризующих состояние) являются сложными в настройке и эксплуатации, дорогостоящими, требующими специалистов высокой квалификации для обслуживания систем, математических моделей, описывающих взаимосвязь входных параметров с выходными параметрами состояния. В таких многопараметрических системах прогнозирования ранняя стадия развития неисправности энергоустановки объективно неопределима, т.к. машинное обучение основано на явных отклонениях от заданных экспертами допусков и также на существенных нелинейностях в сигналах вызванных совершенными деструктивными процессами, которые в предшествующий до обнаружения период уже привели к прогрессу локальных разрушений и увеличили вероятность отказа установки в целом.

Данные особенности существующих решений приводят:

- 1) к невозможности использ-я систем для прогнозирования отказов различных типов установок;
- 2) высокой неопределенности в данных и их большого объема;
- 3) к низкой эффективности систем для конечного пользователя и/или полному отказу от их использования.

Указанные выше причины препятствуют развитию и широкому внедрению систем мониторинга и прогнозирования отказов, которые являются актуальными для предприятий, эксплуатирующих силовые машины.

Решением проблем будет являться создание промышленного решения/системы диагностики и прогнозирования отказов силовых машин различного типа, обладающих:

- 1) простотой в настройке и эксплуатации;

## ПРОБЛЕМА И РЕШЕНИЕ

- 2) однозначностью в интерпретации данных;
- 3) невысокой стоимостью владения данными систем.

В настоящее время наблюдается отсутствие коммерческих промышленных решений, обладающих такими свойствами, для силовых машин в областях энергетики и транспорта, о чем свидетельствует интерес к нашему решению со стороны предприятий ЛУКОЙЛ, Кlover Групп, БошДизельСервис, в т.ч. зарубежных DTC Dynamic Test Center AG, Graz University of Technology, Liebherr, EMA Group – BlueTraker, PRIGO.

Продукт RedSystems может использоваться как отдельно, так и в составе многопараметрических систем мониторинга и контроля.

### в. Приведите ссылки на исследования и материалы, подтверждающие актуальность заявленной проблемы

1	
Комментарий	Около 15% от общего числа аварий морских и речных судов происходит из-за причин неисправности главного двигателя. Однако, при навигационных авариях некоторые причины не раскрываются, которые связаны с неисправностью двигателя. Примерно в 50% случаев неисправность основного двигателя, возникает во время маневрирования в порту. По данным Японского трибунала по морским авариям, на неправильное/несвоевременное техническое обслуживание, осмотр и эксплуатацию главного двигателя приходится около 70% случаев неисправностей двигателя. Из всего оборудования, которое повлияло на остановку корабля 80% приходится на главную энергетическую установку, основными поломками (около 70%) которой являются турбонагнетатель - 34%, коленчатый вал - 13%, цилиндропоршневая группа - 23%. В отношении повреждений требующих буксировки судна 65% приходится на главную дизельную установку. В отношении повреждений, приводящих к снижению скорости 90% относится к дизельным магистральным двигателям.
Ссылка	<a href="https://www.piclub.or.jp/wp-content/uploads/2018/04/Loss-Prevention-Bulletin-Vol.38-Full.pdf">https://www.piclub.or.jp/wp-content/uploads/2018/04/Loss-Prevention-Bulletin-Vol.38-Full.pdf</a>
2	
Комментарий	Современными исследованиями подтверждается актуальность использования такого параметра как условный механический КПД. Доказывается экспериментальными исследованиями при испытании энергоустановок достоверность его определения с погрешностью $\pm 1,5$ % во всем диапазоне нагрузок. Цель таких исследований: создать эмпирические зависимости для среднего давления механических потерь, которые могут быть полезны экипажу судна для простого и быстрого анализа текущих параметров двигателя по динамике КПДмех.
Ссылка	<a href="https://stumejournals.com/journals/mtm/2018/2/45.full.pdf">https://stumejournals.com/journals/mtm/2018/2/45.full.pdf</a>



России — только 25 %. Наряду с этим в Европе и России старые локомотивы проходят модернизацию с установкой современных компонентов, таким образом сокращаются расходы на обновление локомотивного парка и локомотивы старше 50 лет сохраняются в рабочем состоянии. Возникла потребность в организации системы, при которой холдинг, куда входит завод-изготовитель и сервисная компания, простым и доступным способом сопровождал бы локомотив на протяжении всего жизненного цикла.

Ссылка

<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30776164>

### **7. Как проект решает описанную проблему, и в чем заключается инновационность подхода**

В отличие от конкурентов, которым требуется обучить цифровой двойник по широкому потоку сенсорной информации при обнаружении аномалий в процессах работы оборудования, в создаваемом продукте используется минимальный поток информации (1 штатный датчик) для объективной оценки динамики технического состояния любой энергоустановки в эксплуатационных (полевых) условиях, без демонтажа, без отбора мощности, длительностью теста не более чем 10 – 15 мин., погрешностью 1%.

Предлагаемое решение расширяет зону предиктивной аналитики, дополняя данные (не исключая), которыми оперируют другие системы. Существующие на рынке инструменты и методы пока не позволяют оценить комплексно основную функцию энергоустановки, т.к. нет методов, алгоритмов определения комплексных диагностических параметров, например, определение параметра КПДмех. В таких системах историю образов сигналов от отдельных датчиков, характеризующих конкретную область (узел) объекта, предлагается дополнять простым и доступным параметром КПДмех, который интегрирует в себе работу всех узлов в совокупности. Следует привести пример: если же допуск для определения аномалии в одном сигнале недостаточен для выявления проблемы, то совокупное влияние работы всех узлов и механизмов могут составлять отклонение, характеризующееся как проявление или развитие неисправности в общем состоянии объекта. Эту проблему существующие системы не обнаруживают, до тех пор, пока совокупность деструктивных процессов в отдельных узлах (сопряжениях) не приведут к возникновению аномалий в сигналах (вибрации, шум, удары, стук), как следствие явного развития неисправности.

Существующими на рынке решениями определить параметр КПДмех в эксплуатации возможно только методом стендовых испытаний при полной нагрузке двигателя, что требует частичной разборки и существенных затрат. Как правило, после схода с конвейера и испытаний на заводе-изготовителе, энергоустановки не подвергаются испытанию в соответствии с требованиями: ГОСТ 10448-2014, ГОСТ 18509-88, ГОСТ 14846-81. В эксплуатации полноценные тормозные испытания двигателей не применяются, а в редких случаях применяются альтернативные способы электрического и гидравлического нагружения, которые реализуются только в крупных компаниях (например, РЖД, АЛРОСА и др.). Однако, проблема комплексной оценки состояния машины в эксплуатации не решена – КПДмех не определяют такими установками. Разработанный в проекте метод определения КПДмех не требует нагружения силовой машины, моментом нагрузки является её собственный момент инерции.

В эксплуатации применяют методы контроля машин по замедлению вала, например, для эл. двигателей – это фактор торможения (время выбега), косвенно характеризующий потери, однако фактор торможения и КПДмех – это разные физические величины.

Параметр КПДмех наиболее информативен, он содержит комплексную информацию непосредственно о качестве работы и одновременно о сопротивлении этой работе в машине. Это диагностический параметр совокупной оценки работы топливной аппаратуры, механизма газораспределения, цилиндропоршневой группы и одновременно диагностический параметр совокупной оценки трения в узлах (сопряжениях деталей), гидравлических потерь в системах машины, а также механических потерь вспомогательного оборудования. В тепловых поршневых машинах вклад в значение КПДмех соотносится как: 70% - это влияние систем организации для сгорания топлива и преобразование тепла в работу; 30% - это влияние всех вспомогательных систем (механических, гидравлических и пр.) создающих сопротивление для обеспечения главной функции машины. Для эл. двигателей это соотношение: 90% - преобразование энергии; 10% механическое торможение. Таким образом, параметр КПДмех по определению обладает достаточностью в комплексной оценке энергоустановки, т.к. он является отношением основных и главных параметров энергоустановки:  $Ne/Ni$ , где  $Ne$  – эффективная мощность, характеризующая качество тепловых процессов;  $Ni$  – индикаторная мощность, включающая наряду с  $Ne$  процессы сопротивления в машине.

В рабочем цикле энергоустановки, как правило, за один или два оборота вала выполняют работу все цилиндры и, если выделить участки рабочих зон этих цилиндров в колебаниях вала, то по фазовой диаграмме функции КПДмех становится возможным оценить техническое состояние отдельных цилиндров. По результатам информационного поиска установлено, что в классе всех конструкций поршневых машин методов определения КПДмех на участке работы отдельного цилиндра (пар цилиндров) не представлено.

Существенным отличием в создаваемом продукте является применение дополнительно разработанного нового метода контроля отдельных цилиндров по КПДмех, научное-техническое обоснование которого выполнено в научной работе заявителя (Научное обоснование и разработка методов, технологии и средств диагностирования тракторных двигателей в эксплуатационных условиях: диссертация ... доктора технических наук: 05.20.03 / Ольшевский Сергей Николаевич, 2017.- 372 с).

На сегодняшний день в системах предиктивной аналитики мирового уровня нет алгоритмов анализа по параметру КПДмех для оценки общего состояния двигателя и отдельно цилиндров. Создаваемый продукт (технология) в области технической диагностики и предиктивной аналитики внедряется впервые, обладает существенным потенциалом и конкурентным преимуществом перед мировыми аналогами.

На данный момент проведены успешные испытания на дизелях: Rolls-Royce B32:40V12AH-2CD, MAN, MERCEDES-BENZ, Hürlimann, ЯМЗ 238, John Deere PowerTech Plus, Cummins QSM 11.

## **8. Опишите основные технологические и рыночные тренды в рассматриваемой отрасли**

### **а. Описание трендов**

Тенденциями в сфере эксплуатации и обслуживании техники являются:

- комплексное управление парком различных машин, оборудования;
- контроль эффективности, оптимальной работы оборудования;
- стратегическое планирование запчастей;

- внедрение алгоритмов интеллектуального техобслуживания по состоянию машин;
- снижение времени простоя машин, повышение эксплуатационной готовности машин;
- повышение требований к условиям приобретения, постгарантийному обслуживанию;
- повышение качества сервиса и его контроль;
- управление рисками отказов.

Эти задачи решаются в технологии прогностического обслуживания/диагностирования [1], рынок которой ежегодно растет. По данным исследования компании MarketsandMarkets рынок прогнозной аналитики к 2022 г вырастет до \$12 млрд при годовом темпе роста 22% [2].

Предиктивная аналитика и энергоаудит являются основой развития перспективных информационных продуктов управления активами предприятия в парадигме обслуживания RCM (Reliability-centered maintenance) [3] с классами систем MRO (Maintenance, Repair and Overhaul [4] – для решения и информационного обеспечения задач сервисного обслуживания техники, управления сроками службы и списанием, управления отказами, оптимизации структуры и численности парка, поддержки территориально распределенной инфраструктуры ТОиР и т.д.); CMMS (Computerized Maintenance Management System [5], [6] – для обеспечения поддержания технической готовности), в совокупности с требованиями к надежности и выбору политики управления отказами (ГОСТ Р 27.606-2013, SAE JA 1011:2009, SAE JA 1012:2011, ГОСТ Р 55.0.05-2016, IEC 60300-3-11:2009) [7].

На сегодняшний день наблюдается резкий рост востребованности в специализированных SAP решениях (NERPA EAM, Seascope, UpKeep, Global-EAM, Oracle eAM, TRIM и др.) для управления процессами техобслуживания и ремонта авто-, ж/д транспорта, строительной, горной техники, энергоустановок в малой энергетике и других отраслях. Такие решения предлагают российские компании «НПП«СпецТек»; "АйТиЭм"; "КЛОВЕР ГРУПП"; "КРОК"; «PCM-системы» и др. Решения для диагностики, непосредственно ориентированные на дизельные установки, применяют компании JAQUET Technology Group [8], Alpha Diagnostics [9], ООО "КЛОВЕР ГРУПП" и др.

Перечисленные группы компании в своей деятельности используют поток первичных данных о работе объекта, причем, чем больше поток, тем система аналитики настраивается точнее. Требуется история и обучение с участием специалиста и затем машинное обучение. Используются статистика и нейрогенетические алгоритмы. Недостатком является обязательное привлечение специальных ресурсов для обработки данных, который перекрывается применением современного производительного и дорогого оборудования. Однако, существенный недостаток и в том, что в начале еще до работы предсказательных алгоритмов, требуется история или факты накопления неисправностей и неправильной работы оборудования для обучения системы – для создания предсказательных алгоритмов; требуется однозначная интерпретация аномалии в сравнении с текущим процессом, которая возникает от деструктивных процессов, приводящих к разрушению и как следствие – существенным нелинейностям в сигнале; требуется формировать классы состояния из образа многокритериальных данных, индивидуально адаптировать к различным типам машин и техническим системам. Применение существующего на рынке метода оправдано в сложных стационарных технических и технологических комплексах.

При эксплуатации мобильной техники, требуется телеметрия (лучше с минимальным количеством сенсоров), простые и оперативные методы обработки и интерпретации данных. Поэтому диагностика в концепции широкой статистической аналитики SAS на мобильных системах применяется существенно ограничено. Например, частично на локомотивах это еще оправдано, но требует особой организации и ограничение потоков и обработки данных.

Таким образом, особо актуальна стоит задача в разработке доступных диагностических систем, также распространяемых на мобильные машины.

### **в. Приведите ссылки на соответствующие исследования и материалы**

- [1] [https://trim.ru/sites/default/files/files/pdf/our\\_maintenance\\_system\\_needs\\_improvement.pdf](https://trim.ru/sites/default/files/files/pdf/our_maintenance_system_needs_improvement.pdf)
- [2] <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/predictive-analytics.asp>
- [3] <https://arxiv.org/pdf/1912.07383.pdf>
- [4] [https://reliabilityweb.com/assets/uploads/documents/MRO\\_Best\\_Practices\\_SECURE.pdf](https://reliabilityweb.com/assets/uploads/documents/MRO_Best_Practices_SECURE.pdf)
- [5] Labib, Ashraf & Kobbacy, Khairy & Murthy, D.. (2008). Computerised Maintenance Management Systems. 10.1007/978-1-84800-011-7\_17.
- [6] [https://trim.ru/sites/default/files/files/pdf/information\\_systems\\_asset\\_management.pdf](https://trim.ru/sites/default/files/files/pdf/information_systems_asset_management.pdf)
- [7] [https://trim.ru/sites/default/files/files/pdf/risk\\_based\\_prioritization\\_technique\\_objects.pdf](https://trim.ru/sites/default/files/files/pdf/risk_based_prioritization_technique_objects.pdf)
- [8] <https://www.istec.com/wp-content/uploads/2017/07/jaquet-MDS4500-presentation.pdf>
- [9] [https://www.linkindustrial.com/wp-content/uploads/2016/04/180917\\_Alpha\\_Diagnostics\\_Presentation.pdf](https://www.linkindustrial.com/wp-content/uploads/2016/04/180917_Alpha_Diagnostics_Presentation.pdf)

### **с. Приведите ссылки на наиболее близкие к заявленной Исследовательской деятельности российские и (или) зарубежные патенты, обладателем которых являются третьи лица.**

- <http://appft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect1=PTO2&Sect2=HITOFF&p=1&u=%2Fnethtml%2FPTO%2Fsearch-adv.html&r=1&f=G&l=50&d=PG01&S1=5359518&OS=5359518&RS=5359518>
- [https://ru.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20180517&DB=EPODOC&locale=ru\\_RU&CC=US&NR=2018135544A1&KC=A1&ND=4](https://ru.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20180517&DB=EPODOC&locale=ru_RU&CC=US&NR=2018135544A1&KC=A1&ND=4)
- [https://ru.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=19980324&DB=EPODOC&locale=ru\\_RU&CC=US&NR=5732382A&KC=A&ND=4](https://ru.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=19980324&DB=EPODOC&locale=ru_RU&CC=US&NR=5732382A&KC=A&ND=4)
- [https://ru.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=19980623&DB=EPODOC&locale=ru\\_RU&CC=US&NR=5771482A&KC=A&ND=4](https://ru.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=19980623&DB=EPODOC&locale=ru_RU&CC=US&NR=5771482A&KC=A&ND=4)
- [https://ru.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20090521&DB=EPODOC&locale=ru\\_RU&CC=US&NR=2009132182A1&KC=A1&ND=4](https://ru.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20090521&DB=EPODOC&locale=ru_RU&CC=US&NR=2009132182A1&KC=A1&ND=4)
- [https://ru.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20160310&DB=EPODOC&locale=ru\\_RU&CC=US&NR=2016069768A1&KC=A1&ND=4](https://ru.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20160310&DB=EPODOC&locale=ru_RU&CC=US&NR=2016069768A1&KC=A1&ND=4)
- [https://ru.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20020611&DB=EPODOC&locale=ru\\_RU&CC=US&NR=6401527B1&KC=B1&ND=4](https://ru.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20020611&DB=EPODOC&locale=ru_RU&CC=US&NR=6401527B1&KC=B1&ND=4)
- [https://ru.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20091105&DB=EPODOC&locale=ru\\_RU&CC=US&NR=2009276143A1&KC=A1&ND=4](https://ru.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20091105&DB=EPODOC&locale=ru_RU&CC=US&NR=2009276143A1&KC=A1&ND=4)
- [https://ru.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20170302&DB=EPODOC&locale=ru\\_RU&CC=US&NR=2017058802A1&KC=A1&ND=4](https://ru.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20170302&DB=EPODOC&locale=ru_RU&CC=US&NR=2017058802A1&KC=A1&ND=4)
- [https://ru.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20130912&DB=EPODOC&locale=ru\\_RU&CC=WO&NR=2013131686A1&KC=A1&ND=4](https://ru.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20130912&DB=EPODOC&locale=ru_RU&CC=WO&NR=2013131686A1&KC=A1&ND=4)
- [https://ru.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=19991221&DB=EPODOC&locale=ru\\_RU&CC=US&NR=6006154A&KC=A&ND=4](https://ru.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=19991221&DB=EPODOC&locale=ru_RU&CC=US&NR=6006154A&KC=A&ND=4)
- [https://ru.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20010308&DB=EPODOC&locale=ru\\_RU&CC=DE&NR=19941171A1&KC=A1&ND=4](https://ru.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20010308&DB=EPODOC&locale=ru_RU&CC=DE&NR=19941171A1&KC=A1&ND=4)
- [https://ru.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20190531&DB=EPODOC&locale=ru\\_RU&CC=CN&NR=208921729U&KC=U&ND=4](https://ru.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20190531&DB=EPODOC&locale=ru_RU&CC=CN&NR=208921729U&KC=U&ND=4)
- [https://ru.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20101210&DB=EPODOC&locale=ru\\_RU&CC=RU&NR=2009119973A&KC=A&ND=4](https://ru.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20101210&DB=EPODOC&locale=ru_RU&CC=RU&NR=2009119973A&KC=A&ND=4)

## 9. Приведите описание базовой технологии

Новая технология определения технического состояния мобильных и стационарных энергетических установок по комплексному (интегральному) параметру КПДмех может быть использована в многопараметрических системах прогнозирования для машинного обучения, определения допусков аномальных отклонений в сигналах и установления более ранней точки начала периода потенциального отказа с целью эффективного предсказательного моделирования. Дополнительная информация об отрицательной динамике КПДмех однозначно интерпретируется с нарушением эффективной работы и с нарушением работы механической части энергоустановки, что позволяет в совокупности обучающих выборок для таких систем явно выделить классы состояний, коррелирующих с образами неисправностей. Контролируемая область скрытого отказа до предельно допустимого уровня потери мощности энергоустановки позволит разработать рекомендательные системы и интеллектуальные аналитические системы управления общей производительностью технологических процессов компании для поддержки принятия решений по оптимизации эксплуатации парка энергоустановок, снижению перерасхода топлива и по раннему прогнозированию/предупреждению о неблагоприятных последствиях из-за повышения вероятности отказов энергоустановок в технологических циклах.

На сегодняшний день основное внимание исследователей, разработчиков уделяется стационарным (на установившихся режимах работы) процессам, их спектрам, амплитудным, частотным и фазовым характеристикам в задачах создания методов управления работой энергоустановок и в их диагностировании. В предлагаемом решении при исследовании этих процессов в аналитических моделях дополнительно учитывается циклический подвод теплоты или гидравлического напора вызывающего колебания вала машины. В создаваемом продукте для оценки качества периодического рабочего процесса из совокупности случайных и детерминированных составляющих внутрицикловых колебаний цифровыми алгоритмами выделяют гармоники, вызванные действием соответствующих функций элементов и систем энергоустановки, а для оценки общего состояния энергоустановки вычисляют гармонику полного цикла, которая посредством машинного интеллекта исследуется на характеристике переходных режимов. В новом интеллектуальном алгоритме, внутрицикловые колебания и/или общие колебания принудительно-инспекционных воздействий, а также штатные эксплуатационные переходные режимы «наброса» и «сброса» нагрузки являются тестовыми в оценке технического состояния как мобильной, так стационарной энергоустановки в широком диапазоне её агрегатной мощности до 20 МВт.

Аналитические оценки динамических скоростных характеристик и зарегистрированных индикаторных диаграмм процесса давления в рабочей камере, полученных в натурных испытаниях (экспериментальных исследованиях) непосредственно заявителем проекта и членами команды [Научное обоснование и разработка методов, технологии и средств диагностирования тракторных двигателей в эксплуатационных условиях: диссертация ... доктора технических наук: 05.20.03 / Ольшевский Сергей Николаевич, 2017.- 372 с], показали, что гармоника действия источника энергии может быть описана силовой функцией тождественной гармонике функции второго порядка угловых перемещений вала энергомашины, колебания с амплитудой до 1000 рад/с<sup>2</sup> которой вызваны циклом работы цилиндра, что возможно использовать для оценки качества преобразования подведенной энергии и оценки технического состояния механической части машины по характеру колебаний движущихся масс.

Задача обнаружения отказов решается путем реакции энергоустановки на диагностический тест, которая должна соответствовать критериям, качественно и количественно её характеризующих. Под диагностическим тестом понимается принудительное (инспекционное) воздействие для

получения циклов переходных режимов работы, либо текущие/рабочие колебания (в т.ч. внутрицикловые) энергоустановки в эксплуатации. Целью результатов такого обследования (мониторинга) является определение функции вероятности отказа конкретного объекта, которая вычисляется на основании интенсивности отказа. В случае, когда явный отказ не наступил, определяют тенденцию развития потенциального отказа и по его тренду в период выполнения технологической операции устанавливают переход объекта в предотказовое состояние. Этот тренд вычисляют по параметру – условный механический КПД, который является однозначно интерпретируемым ресурсным параметром, с высокой чувствительностью к развитию отказов (неисправностей) как скрытых, так и явных. С этой целью разработан минимально жизнеспособный продукт (MVP), особым образом регистрирующий режимы работы машины, и программное обеспечение для обработки и интерпретации данных. На схеме в Приложении 1 – «Анализ работы двигателя на основе переходных характеристики и внутрицикловой неравномерности с использованием машинного интеллекта» показан принцип такой обработки: частота следования угловых меток преобразуется датчиком и далее в модуле с обратной связью накапливаются циклы работы энергоустановки, интеллектуальным алгоритмом выделяются информационные зоны, которые исследуются на характеристике переходных режимов, результаты обработки которого представлены на диаграммах (на схеме: слева от задающего диска угловых меток).

Принцип нового метода оценки общего технического состояния энергоустановки представлен в Приложении 2 – «Технология». Периодические инспекционные воздействия («разгон» - «торможение/выбег») являются тестом для построения скоростной характеристики, по которой определяются экстремумы – максимально достижимые значения параметров мощности энергоустановки. Параметр КПДмех комплексно связывает отношение индикаторной мощности, эффективной мощности и мощности потерь, которые показаны точками на переходных характеристиках диаграммы (на схеме: справа).

Предлагается использовать параметр КПДмех непосредственно в эксплуатационных условиях для диагностики во всех сферах, связанных с использованием энергоустановок. Разработанный MVP прошел апробацию в России и за рубежом, использован в экспертизе и внедрен на стационарных и мобильных объектах, представляя данные с возможностью интегрироваться в существующие системы предиктивной аналитики техники.

Предлагается следующая методика. В эксплуатационных условиях для достоверной идентификации технического состояния и принятия решения о дальнейшей эксплуатации или восстановлении энергоустановки контролируют условный механический коэффициент полезного действия. В мониторинге периодическими инспекционными действиями получают данные о тенденции ухудшения технического состояния силовой машины для определения ресурса и поиска точки начала развития потенциального отказа. При выявлении критически допустимой скорости снижения КПДмех немедленно выводят энергоустановку из эксплуатации с целью предотвращения функционального отказа и неблагоприятных последствий. Такой контроль осуществляется сразу при вводе в эксплуатацию энергоустановки новой или после ремонта. Планирование работ по техническому сервису энергоустановок выполняется на основе риска-ориентированной технологии их диагностирования по фактическому состоянию – по изменению параметра КПДмех.

Диагностирование выполняется с использованием специального программного обеспечения. В программе разработан модуль для настройки режимов цифровых фильтров и алгоритмов расчета диагностических параметров, учитывающих конструктивные и технические характеристики

энергоустановки. Пользователю в диагностическом протоколе предоставляются основные параметры в абсолютных и/или относительных единицах:

- эффективная мощность;
- условная мощность механических потерь;
- эффективный крутящий момента при номинальной мощности;
- момент механических потерь при номинальной мощности;
- условный механический КПД;
- максимальная частота вращения холостого хода;
- номинальная частота;
- минимальная частота вращения холостого хода;
- частота вращения при максимальном крутящем моменте;
- степень неравномерности регулятора частоты вращения;
- номинальный коэффициент запаса крутящего момента;
- погрешность определения эффективной мощности.

Форма диагностического протокола испытаний для мобильных объектов представлена в Приложении 3 – «Протокол испытаний дизеля марки John Deere», в котором приведены 2 результата инспекций с периодом 1 год. В данном случае, очевидное снижение эффективной мощности на 15% (испытания от 28.05.2016) требует обслуживание топливной аппаратуры, когда как в механической части проблем за этот период не выявлено (на диаграмме: нижняя часть графиков совпадает).

Форма диагностического протокола испытания стационарной энергоустановки представлена в приложении 4 – «Протокол испытаний дизеля Rolls-Royce B32:40V12AH-2CD». Этот результат обладает новой информацией о распределении мощности на участке работы пар цилиндров:  $N_c$  – мощность потерь (красная зона, по которой оценивается состояние шейки коленчатого вала);  $N_e$  – эффективная мощность (зеленая зона), по которой оценивается эффективность преобразования сгораемого топлива (настройка всех систем);  $N_i$  – мощность индикаторная (контур штриховой линии), по которой оценивается настройка подачи топливного насоса – чрезвычайно важного параметра, т.к. неравномерная работа влечет к резкому росту развития износа и неисправностей, при том, что в эксплуатационных условиях остается проблема в точном и равномерном установлении подачи всех отдельных насосов на дизеле.

Регистрирующее устройство имеет исполнение в герметичном кейсе, на панели размещены элементы подключения разъемов кабелей от сенсоров с индикацией их работы, а также размещена инструкция пользования на внутренней части крышки прибора. Фото устройства приведено в Приложении 5 – «Общий вид регистрирующего устройства».

Определена относительная погрешность определения основных параметров на сертифицированном оборудовании методом стендовых испытаний по ГОСТ 18509-88 на аттестованном стенде SIEMENS 0007742 на базе АО «15 ЦАРЗ», г. Новосибирск в сравнении с новым методом динамических испытаний двигателя ЯМЗ-238М - Протокол №01/17 от 27.04.2017 (Приложение 6 – «Протокол №01/17»).

Основные положения и области применения новой технологии диагностирования:

- разработка технологии построения и использования предсказательных моделей;
- создание на их основе оригинальных программ и прототипов электронных бортовых комплексов регистрации и первичной обработки данных;
- разработка и апробирование на практике методики тестирования силовых установок в эксплуатационных (полевых) условиях, без демонтажа, без отбора мощности, продолжительностью не более чем 10 – 15 мин;

- оценка технического состояния силовой установки осуществляется методом предиктивного анализа данных расчёта относительного отклонения мощности, скоростной характеристики и значений корректирующих коэффициентов, характеризующих техническое состояние установки;
- предлагаемая технология позволит определить минимально допустимый уровень снижения мощности, а также точку потенциального отказа энергетической установки;
- применение методики позволит поддерживать эффективное использование техники в процессе эксплуатации, в том числе снизить риск отказов/аварий на 30%;
- выполнение регулярных измерений (инспекций) состояния силовых агрегатов в рамках одного предприятия/участка позволит определить энергетическую эффективность предприятия, выявить случаи недобросовестного отношения к технике, некачественных ремонта и ГСМ;
- методика призвана изменить мышление менеджеров различного уровня, ориентированное не на организацию устранения последствий, а на управление ресурсами, рисками в продолжении жизненного цикла технических систем, анализа надёжности технологических процессов в рамках предприятия (в компании, регионе, отрасли);
- метод применим для оценки состояния силовых агрегатов горно-рудной техники, тяжелой автотракторной техники, сельхозтехники, электросиловых машин, в малой энергетике, также гидро-, газотурбин, в том числе, на предприятиях-производителях с целью паспортизации соответствующего оборудования, контроля качества и управления жизненным циклом в постгарантийный период.

Таблица сравнения продукта REDSystems с конкурирующими решениями представлена в Приложении 7 – «Сравнение с конкурентами».

Преимущества создаваемого продукта: простая цифровая модель, не требует обучения, точность прогноза, оперативность в 10 раз выше аналогов, стоимость ниже в 5 раз, масштабируемость, любая мощность установки, мобильность и возможность применения сервисными бригадами на удаленных объектах.

**10. Укажите, при наличии, имеющие непосредственное отношение к проекту российские и (или) зарубежные научные публикации, патенты и (или) заявки на выдачу патента, обладателем (заявителем по которым) является Соискатель, а также разработанные алгоритмы, протоколы, программы для ЭВМ и (или) базы данных, исключительные права на которые принадлежат Вам, или, если они реализованы в рамках открытого кода GPL, то публичные ссылки на них**

1	
Номер	DOI: 10.1109/SIBCON.2016.7491802
Название	Новый метод диагностики энергетического мобильного оборудования / Ольшевский С.Н., Добролюбов И.П., Клименко Д.Н., Орехов А.К., Борисов А.А. // 2016 Международная сибирская конференция по управлению и связи, SIBCON 2016 - Материалы. 14 июня 2016 г.
Ссылка	<a href="https://ieeexplore.ieee.org/document/7491802">https://ieeexplore.ieee.org/document/7491802</a>
2	
Номер	-

Название	Моделирование процесса оптимального определения параметров состояния двигателя внутреннего сгорания измерительной экспертной системой / Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Альт В.В., Ольшевский С.Н., Клименко Д.Н. // Вычислительные технологии. 2015. Т. 20. № 6. С. 22-35.
Ссылка	<a href="http://www.ict.nsc.ru/jct/getfile.php?id=1705">http://www.ict.nsc.ru/jct/getfile.php?id=1705</a>
3	
Номер	-
Название	Разработка динамической модели ДВС / Альт В.В., Ольшевский С.Н., Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Борисов А.А., Орехов А.К.// Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 118. С. 8-15.
Ссылка	<a href="https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23219980">https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23219980</a>
4	
Номер	DOI: 10.1109/APEIE.2014.7040891
Название	Determination of internal combustion engine power in a dynamic way using the methodology of analysis of stochastic processes / V. V. Alt, S. N. Olshevsky, D. N. Klivenko, A. A. Borisov // Actual problems of electronic instrument engineering (APEIE–2014) 2014. – Т. 1. – С. 255-259
Ссылка	<a href="https://ieeexplore.ieee.org/document/7040891">https://ieeexplore.ieee.org/document/7040891</a>
5	
Номер	-
Название	Разработка компьютерной настраиваемой модели двигателя внутреннего сгорания / Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Альт В.В., Ольшевский С.Н.// Вычислительные технологии. 2013. Т. 18. № 6. С. 54-61.
Ссылка	<a href="http://www.ict.nsc.ru/jct/content/t18n6/Dobrolubov_Savchenko_n.pdf">http://www.ict.nsc.ru/jct/content/t18n6/Dobrolubov_Savchenko_n.pdf</a>
6	
Номер	-
Название	Автоматизированные технологические комплексы экспертизы двигателей: монография / Савченко О.Ф., Добролюбов И.П., Альт В.В., Ольшевский С.Н. // Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 2006. – 272 с.
Ссылка	<a href="https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21200384">https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21200384</a>
7	
Номер	OD 71 18-5/28

Название	Научное обоснование и разработка методов, технологии и средств диагностирования тракторных двигателей в эксплуатационных условиях: диссертация ... доктора технических наук: 05.20.03 / Ольшевский Сергей Николаевич, 2017.- 372 с
Ссылка	<a href="https://www.bsau.ru/upload/iblock/e5f/%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%9E%D0%BB%D1%8C%D1%88%D0%B5%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9%20%D0%A1.%D0%9D.PDF">https://www.bsau.ru/upload/iblock/e5f/%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%9E%D0%BB%D1%8C%D1%88%D0%B5%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9%20%D0%A1.%D0%9D.PDF</a>
8	
Номер	2017616044
Название	Компьютерная программа «Программа определения энергетических параметров поршневых энергетических установок». Св-во о гос. рег-ции для ЭВМ, Россия, № 2017616044 Заяв. 10.04.2017, опубл. 31.05.2017. Ольшевский С.Н., Борисов А.А., Клименко Д.Н., Орехов А.К.
Ссылка	<a href="https://www1.fips.ru/ofpstorage/Doc/PrEVM/RUNWPR/000/002/017/616/044/2017616044-00001/document.pdf">https://www1.fips.ru/ofpstorage/Doc/PrEVM/RUNWPR/000/002/017/616/044/2017616044-00001/document.pdf</a>
9	
Номер	RU2694108
Название	Способ определения тех. состояния ДВС и устр-во для его осуществления Ольшевский С.Н., Клименко Д.Н., Борисов А.А., Добролюбов И.П., Орехов А.К., патент на изобретение RU2694108 опубл. 09.07.2019. Бюл № 19
Ссылка	<a href="https://www1.fips.ru/ofpstorage/Doc/IZPM/RUNWC1/000/000/002/694/108/%D0%98%D0%97-02694108-00001/document.pdf">https://www1.fips.ru/ofpstorage/Doc/IZPM/RUNWC1/000/000/002/694/108/%D0%98%D0%97-02694108-00001/document.pdf</a>

**\*.Приложение к описанию технологии**

[СМ. ПРИЛОЖЕНИЕ](#)

## 11. Опишите предполагаемые основные направления коммерциализации Вашего проекта (в ближайшей перспективе и (или) в будущем)

#	Название	Комментарий
1	Услуга по обследованию технического состояния стационарных энергоустановок, парка мобильной техники	Экспертиза (выезд для обследования парка техники, углубленная аналитика, обучение), характеристика рынка: 14% от доли рынка SOM транспорта ж/д и суда; 9,5% от доли рынка SOM малая энергетика; 28,5% от доли рынка SOM горнорудная промышленность, преимущественно мобильный парк карьерной техники. Всего около 700 внедрений в России (160 – ж/д и суда; 240 – дизельгенераторы; 300 – горнорудная промышленность) по 1500 тыс. руб. на один контракт. Прямые продажи по договору – 0,83 млрд руб.; себестоимость 65% - 0,54 млрд руб. Средняя прибыль – 58 млн руб. в год. Заключается договор на тех. обследование машин, в том числе мобильного парка. В себестоимость работ включены основные статьи: оплата труда 5 тыс. руб./чел.-день); прямые (связанные с командировкой) и накладные (30%) расходы. С учетом налогов, прибыль не менее 35%. Все расходы, связанные с материально-техническим обеспечением, условий труда и безопасности принимает на себя заказчик. Результат обследования – карта состояния всей стационарной и мобильной техники. Работы особо актуальны до консервации и после консервации машин. Техника со значением КПДмех близкого к критическому уровню рекомендуется к плановому обслуживанию, а имеющая передельные значения – к немедленному выводу из эксплуатации и к ремонту. В регулярных инспекциях накапливают исторические данные об изменении тех. состояния всего парка и отдельных единиц, устанавливая при этом допустимые значения уровней КПДмех для обеспечения эффективности технологических процессов, а также для вывода из эксплуатации нерентабельных единиц.
2	Прямые продажи систем диагностики, подписка SaaS	Парк установок до 20 МВт – 135 тыс. шт., наша доля рынка – 3,5%. Всего продаж систем по России в горизонте 5 лет - 4,75 тыс. шт., в т.ч. по отраслям: ж/д, судовой транспорт – 0,50 млрд руб. (1040 шт.); малая энергетика, газо- и дизельгенераторы – 1,18 млрд. руб. (2260 шт.); добывающая промышленность – 0,38 млрд. руб. (750 шт.). Средняя выручка 480 млн руб. в год. Продажи через дилеров, сервисных компаний по цене устройства: 350 тыс. руб. для энергоустановок до 1МВт; 550 тыс. руб. – свыше 1 МВт. Годовая подписка удаленных сервисов предикативной аналитики и расчета мощности и КПДмех по цилиндрам на одну машину: 50 тыс. руб. мощностью до 1 МВт; 100 тыс. руб. – свыше 1 МВт. При работе бригад сервисных компаний подписку группируют по соглашению сторон.

## 12. Перечислите наиболее близкие аналоги Вашего решения и опишите, в чем заключается Ваше преимущество

1	
Название	Продукты отечественных технологических компаний международного уровня, создающих цифровые решения для повышения эффективности управления: Clover group ( <a href="https://clover.global/">https://clover.global/</a> ); Ctrl2GO ( <a href="http://c2g.digital/">http://c2g.digital/</a> ); 2050.digital ( <a href="https://2050.digital/company/">https://2050.digital/company/</a> ). В продукте "Clover PMM" ( <a href="https://energy.clover.global/">https://energy.clover.global/</a> ), как и во всех решениях из этой группы используются потоки данных с датчиков телеметрии на оборудовании и посредством машинного обучения (нейроалгоритмы) в комплексе с инженерными правилами создаются модели позволяющие анализировать работу оборудования. Это требуется в разработке ПО и систем для реализации коммерческих решений в следующих смежных сферах: (1) Интеллектуальная аналитика и предиктивный анализ (2) Микропроцессорные системы управления и диагностика локомотивов; (3) Управление жизненным циклом изделий и цифровая трансформация сервисного обслуживания. Продукт "TRIM" компании СпецТек ( <a href="https://trim.ru/">https://trim.ru/</a> ) содержит решения: (1) Система мониторинга показателей общей эффективности оборудования (OEE - Overall Equipment Effectiveness). В этой системе реализована методика сбора, расчета, анализа и текущего мониторинга численных показателей общей эффективности оборудования. Анализируются причины: потерь из-за простоев оборудования (отказ); потерь производительности, потерь качества (брак при пуске, производстве). (2) Система управления ресурсом машин и оборудования "TRIM-Жизнь машины". Этот продукт требует накопление статистических данных (ресурсы узлов и агрегатов, цены на их ремонт и замену, наработка на заданный период по данной модели самосвала и т.д.), основанных на предшествовавшей эксплуатации техники. По фактическим данным рассчитывают прогнозные показатели. (3) Система управления процессами технической диагностики "TRIM-СТД" — сбор и агрегирование данных о техническом состоянии, поступающих от разнородных источников, включая экспертные оценки (вибродиагностика, тепловизионный контроль, осмотры, инспекции).
Описание	Цифровая модель энергетической установки от группы компаний Clover group сложная, учитывает параметры всех конструктивных элементов, требует обучения. В продукте "TRIM" необходимо анализировать поток учетной (документация) и сенсорной информации, поэтому требуются методологические основы использования

	<p>таких информационных систем, требуется использование типового решения, либо создание нового цифрового двойника под оборудование заказчика (<a href="https://trim.ru/technologia_vnedrenia">https://trim.ru/technologia_vnedrenia</a>). Этот подход сложный и дорогостоящий, целесообразен для внедрения крупным компаниям. Конкуренты в цифровом двойнике используют широкий поток сенсорной информации для обнаружения аномалий в процессах при работе оборудования. Это приводит к проблемам обработки больших данных и обучению модели по совокупности значимых признаков, особенно для различных конструкций и конфигураций оборудования. Недостатки решений конкурентов: сложность модели цифрового двойника; модель требует обучения; высокая стоимость; нет простого цифрового двойника для мобильных энергоустановок; требуется подготовка и отдельная ставка специалиста для внедрения системы. Создаваемый продукт может рассматриваться как модуль для интегрирования в конкурирующие решения получения новой объективной информации о состоянии мобильных и стационарных энергоустановок.</p>
характеристики рынка (объем, динамика, ссылки на исследования)	<p>Клиенты группы компаний Clover group - крупные промышленные компании, у которых есть парк оборудования, из энергетической, горнодобывающей, нефтегазовой промышленности и транспорта. У Clover group имеются клиенты в Европе, Азии и странах СНГ, которые покупают системы сигналинга, инфраструктурные решения для железной дороги (<a href="https://rb.ru/longread/ctrl2go/">https://rb.ru/longread/ctrl2go/</a>). Клиенты компании СПЕЦТЕК крупные компании промышленности и транспорта (<a href="https://trim.ru/clients">https://trim.ru/clients</a>). На наш взгляд, решения конкурентов ориентированы на крупные компании, которые могут позволить системный подход к управлению активами. Рынок предиктивной аналитики для мелких и средних компаний также актуален, но требует более простых решений, наряду со альтернативой использования дорогого и сложного методологического подхода к анализу широкого потока данных.</p>
2	
Название	<p>Продукт "Diagnostic System MDS4500" (<a href="https://www.istec.com/wp-content/uploads/2017/07/jaquet-MDS4500.pdf">https://www.istec.com/wp-content/uploads/2017/07/jaquet-MDS4500.pdf</a>) компании JAQUET TECHNOLOGY GROUP. В апреле 2018 г. из подразделения диагностических систем JAQUET Technology Group выделилась группа основателей компании Alpha Diagnostics Ltd (<a href="https://alphadiagnostics.ch/">https://alphadiagnostics.ch/</a>). Современный продукт "AlphaSystem" компании Alpha Diagnostics Ltd является наиболее близким</p>

	аналогом решения для мониторинга состояния вращающихся и возвратно-поступательных машин.
Описание	<p>В продукте "Diagnostic System MDS450" и в продукте "AlphaSystem" получают фазовые диаграммы от датчиков давления, температуры, установленных на каждом цилиндре, а также датчиков на валах фиксирующих фазное смещение для измерения колебаний крутящего момента. Информация анализируется стандартной программой VIB 360 для выявления отклонений от нормально-повторяющихся циклов работы оборудования (узлов, где установлен датчик) с целью разработки решений по предикативной аналитике, прогнозе состояния, своевременного обслуживания оборудования. Сферы применения продукта: на судовых установках (<a href="https://alphadiagnostics.ch/wp-content/uploads/2019/11/191024_AlphaSystem_Marine_Flyer_4p-4.pdf">https://alphadiagnostics.ch/wp-content/uploads/2019/11/191024_AlphaSystem_Marine_Flyer_4p-4.pdf</a>); на тепловозах (<a href="https://alphadiagnostics.ch/wp-content/uploads/2020/02/191111_AlphaSystem_Railway_Flyer_4p.pdf">https://alphadiagnostics.ch/wp-content/uploads/2020/02/191111_AlphaSystem_Railway_Flyer_4p.pdf</a>); в горной промышленности; автоиндустрии (контроль двигателей, приводов, редукторов, подшипников и т.д.); в энергогенерирующих отраслях (установках), в добывающей промышленности нефти и газа. Демо-версия ПО: <a href="http://remotedemo.alphadiagnostics.ch/dashboard">http://remotedemo.alphadiagnostics.ch/dashboard</a>. В качестве диагностической информации в этих продуктах используются гармоники первого порядка, это дает возможность только индцировать проблему (<a href="https://www.istec.com/wp-content/uploads/2017/07/jaquet-MDS4500-presentation.pdf">https://www.istec.com/wp-content/uploads/2017/07/jaquet-MDS4500-presentation.pdf</a>). Косвенная оценка крутящего момента в этих продуктах осуществляется по методу скручивания вала. Применяемое ПО не содержит алгоритмов отложенной синхронизации разнесенных по времени тестов "разгон - торможение", которые применяются в создаваемом продукте для расчета скоростной характеристики энергоустановки и для расчета КПДмех. Отличительной особенностью в создаваемом продукте является алгоритм преобразования сигнала гармоник 2-го порядка, что дает прямую функциональную связь сигнала с крутящим моментом на валу и мощностью в абсолютных единицах, а также возникает возможность по уникальной методике определить параметр КПДмех для объективного контроля вращающихся машин в относительных единицах.</p>
характеристики рынка (объем, динамика, ссылки на исследования)	Компания JAQUET TECHNOLOGY GROUP специализируется на выпуске сенсоров для измерения температуры и скорости валов вращающихся машин, а также производит системы мониторинга и контроля скорости вращения машин. Компания Alpha Diagnostics Ltd сфокусирована на продвижении диагностического продукта "AlphaSystem". на сайте компании ( <a href="https://alphadiagnostics.ch/distributors/">https://alphadiagnostics.ch/distributors/</a> )

приводятся дистрибьюторы этого продукта: Ascenz Solutions Pte Ltd, Singapore (<https://www.ascenz.com/>); Global Ingress, Inc., USA (<http://global-ingress.com/>); Governor Control Systems, Inc., USA (<https://www.govconsys.com/>); HERIANA CO., LTD., Republic of Korea (<http://www.heriana.com/eng/>); Kerogen Equipment LLC, USA (<http://35.225.0.179/>); Neptunus Power Plant Services Pvt. Ltd., India (<https://www.neptunus-power.com/>); RT Vision Technologies Pvt. Ltd., India (<http://www.rtvision.in/>).

### **13. Перечислите научные группы, институты, компании, ведущие аналогичные или близкие разработки и опишите, в чем заключается Ваше преимущество**

В России и за рубежом активно ведутся НИОКР в создании технологий диагностирования вращающихся машин (энергоустановок и совмещенных агрегатов отбора мощности, в т.ч. мобильных) по параметрам колебаний рабочих процессов и переходных характеристик силовых машин, в частности:

- авторизованное гарантийное представительство фирмы BOSCH в РБ «БошДизельСервис» – Баширов Р.М., Габбитов И.И., Неговора А.В.
- авторизованное гарантийное представительство фирмы MERCEDES-BENZ & MAN в Словении «PRIGO» – Igor GRM, Dušan Dragić, Franci Mrzel, Damjan Stanek, Mihael Brenčič.
- Dynamic Test Center AG (Швейцария) - Bernhard Gerster
- Graz University of Technology Institute of Internal Combustion Engines and Thermodynamics - Claus Matzer, Stefan Hausberger
- Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. – Гребенников А.С.
- Иркутский национальный исследовательский технический университет – Кривцов С.Н.
- Бурятский государственный университет – Мошкин Н.И.
- Южно-Уральский государственный университет – Гриценко А.В.
- Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва – Иншаков А.П.
- Пензенский государственный аграрный университет – Тимохин С.В.
- компания Alpha Diagnostics Ltd, Швейцария - Markus Eigenmann, Oliver Hirsch, RatneshThapliya, Marcos Barandun.

Все научные группы в своих исследованиях используют вычисления первого порядка в анализе переходных процессов, поэтому не определяют функциональную связь с такими энергетическими параметрами энергоустановки как мощность и крутящий момент. Метод Добролюбова-Ольшевского основан на анализе сигнала переходного процесса не ниже 2-го порядка, это позволяет определить функции физических величин мощности, крутящего момента и по ним – механического КПД, и которые являются прямыми диагностическими параметрами в оценке и предиктивной аналитике технического состояния энергоустановки.

### **14. Укажите рынки, на которых потенциально может быть реализован проект (перечислите страны, регионы, укажите основных потребителей, оцените примерный объем рынка, его динамику, ваше будущее позиционирование на нем)**

Ожидается, что объем рынка прогнозной аналитики вырастет до 12,4 миллиардов долларов США к 2022 году при годовом темпе роста в 22,1% в течение прогнозного периода. Ключевыми факторами, способствующими все более широкому внедрению прогностической аналитики для прогнозирования будущих тенденций рынка и все более широкому внедрению больших объемов данных и других сопутствующих технологий [1].

Объем мирового рынка прогностической аналитики оценивается в 7,32 млрд. долл. США в 2019 году и, по прогнозам, достигнет 35,45 млрд. долл. США к 2027 году, увеличившись на 21,9% в период с 2020 по 2027 год. Как машинные, так и человеческие данные растут в 10 раз быстрее, чем обычные данные о бизнесе. Кроме того, ожидается, что к 2027 году на мировом рынке будет доступно около 41 миллиарда устройств IoT, которые будут собирать, анализировать и обмениваться этими данными. Рост потребности в хранении, обработке и анализе больших объемов структурированных, а также неструктурированных наборов данных заставил многие организации и частных лиц внедрить передовые и большие методы анализа данных, что, скорее всего, будет способствовать росту рынка. Кроме того, в связи с огромным количеством данных, генерируемых в различных отраслях промышленности, инвестиции в большие объемы данных будут увеличиваться, что, в свою очередь, будет способствовать росту рынка прогнозной аналитики [2].

В России рынок на низкой точке старта (SAM \$0,9 млрд, SOM \$0,1 млрд), рост 30%.

Рынок SOM – предиктивная диагностика в техническом сервисе (оценка команды):

1) ж/д (4600 локомотивов всего), судовой транспорт (7400 установок) – 0,58 млрд руб. (10% от 12 тыс. дизельных установок);

2) малая энергетика, газо- и дизельгенераторы – 1,3 млрд.руб. (5% от 50 тыс. ДГУ);

3) добывающая промышленность (мобильная, карьерная техника, буровые, насосы, компрессоры) – 0,53 млрд. руб. (1,5% от 70 тыс. ед. техники).

### **15. Приведите ссылки на соответствующие исследования рынков (на русском или английском языках)**

[1] "Рынок прогнозной аналитики по видам (услуги, решения (финансовая аналитика, анализ рисков, клиентская аналитика, маркетинговая аналитика, анализ продаж, веб-аналитика и анализ социальных сетей), развертывание, организация, отраслевая вертикаль - глобальный прогноз до 2022 года".

<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/predictive-analytics-market-1181.html>

[2] Прогнозная аналитика, размер рынка, доля и тенденции. Аналитический отчет по решениям, конечному использованию, сервису (развертывание/установка, обучение и консалтинг), прогноз на период 2019-2025 гг. Дата публикации: декабрь 2019 г., базовый год для оценки: 2018 г., идентификатор отчета: GVR-4-68038-078-1, Формат: электронный (PDF). Исторические данные: 2014 - 2017. Количество страниц: 140

<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/predictive-analytics-market>

## 16. Ключевые члены команды проекта

1	
a. ФИО	Ольшевский Сергей Николаевич
b. Роль в проекте (должность в компании)	Руководитель (директор)
c. Описание функций, задач, работ, которые будет выполнять данный член команды проекта в рамках проекта	стратегическое развития компании; долгосрочное планирование, создание устойчивой бизнес-конструкции компании, определение политики развития внешних связей и укрепление имиджа компании; поддержание миссии компании, аналитика, прогноз; формирование бизнес-проектов, организация, координация и регулирование основных бизнес- и технологических процессов; переговоры, защита проектов и представление инновационных продуктов компании; координация научных проектов, включая совместные исследования с различными хозяйствующими субъектами по межотраслевым и интеграционным проектам; привлечение инвестиций, организация и формирование заявок на исследования по грантам, договорам НИР; управление инновациями; анализ и экспертиза инновационных научно-технических проектов, выявление их уникальности; постановка целей и задач исследований научных проектов компании; определение новизны, методов, объекта и предмета исследований; оценка и реализация проектов и научных исследований в области диагностики; привлечение компетенций для теоретических и экспериментальных исследований; организация, руководство проведением лабораторных и производственных испытаний, представление результатов испытаний; создание объектов интеллектуальной собственности, их вовлечение в хозяйственный оборот, контроль и регулирование роялти; разработка методики метрологической оценки и участие в сертификации диагностических средств.
d. Сфера деятельности и профессиональные достижения	проблемы автоматизированного контроля технических систем; разработка методов и средств диагностирования машин и оборудования
e. Ключевой опыт, имеющий отношение к области данного проекта	опыт участия в аналогичных проектах 17 лет; завершённых научных тем и проектов – 10; автор наукоемких технологических проектов по диагностированию технических систем; создатель инновационной технологии диагностирования поршневых машин.
f. Образование (ВУЗ, специальность и т.д.), ученая степень, звание	доктор технических наук

<p>g. Места работы, должности за последние 5 лет</p>	<p>Общество с ограниченной ответственностью "РедСистемс", директор</p>
<p>h. Научные публикации</p>	<p>[1]. A new method of power system diagnostics for mobile equipment /Olshevskiy S.N., Dobrolyubov I.P., Klimenko D.N., Orehov A.K., Borisov A.A. // 2016 International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2016 - Proceedings. 14 June 2016, Article number 7491802. [2]. Моделирование процесса оптимального определения параметров состояния двигателя внутреннего сгорания измерительной экспертной системой / Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Альт В.В., Ольшевский С.Н., Клименко Д.Н. // Вычислительные технологии. 2015. Т. 20. № 6. С. 22-35. [3]. Разработка динамической модели ДВС / Альт В.В., Ольшевский С.Н., Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Борисов А.А., Орехов А.К.// Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 118. С. 8-15. [4]. Determination of internal combustion engine power in a dynamic way using the methodology of analysis of stochastic processes / V. V. Alt, S. N. Olshevsky, D. N. Klimenko, A. A. Borisov // Actual problems of electronic instrument engineering (APEIE–2014) 2014. – Т. 1. – С. 255-259 [5]. Разработка компьютерной настраиваемой модели двигателя внутреннего сгорания / Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Альт В.В., Ольшевский С.Н. // Вычислительные технологии. 2013. Т. 18. № 6. С. 54-61. [6]. Автоматизированные технологические комплексы экспертизы двигателей: монография / Савченко О.Ф., Добролюбов И.П., Альт В.В., Ольшевский С.Н. // Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 2006. – 272 с. [7]. Техническое обеспечение измерительных экспертных систем машин и механизмов в АПК: монография / Альт В.В., Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Ольшевский С.Н. // Сибирское региональное отделение. – Новосибирск, 2013. – 523 с.</p>
<p>i. Цитируемость (индекс цитируемости, индекс Хирша и тому подобное), доклады на международных научных конференциях</p>	<p>Количество публикаций по теме проекта – 90, цитируемость – 456, индекс Хирша – 12 SPIN-код: 7228-3321 ResearcherID: 2015-01-14 orcid: 0000-0001-7719-2256 Scopus Author ID: 56543752200</p>
<p>j. При наличии, сведения об объектах интеллектуальной собственности в области выбранного направления деятельности, включая изобретения, полезные модели, промышленные образцы, алгоритмы и протоколы, программы для</p>	<p>[1]. Способ определения тех. состояния ДВС и устр-во для его осуществления. Добролюбов И.П., Федюнин П.И., Ольшевский С.Н. патент на изобретение RUS 2208771 21.03.2001 [2]. Способ определения технического состояния двигателей внутреннего сгорания и экспертная система для его осуществления. Добролюбов И.П., Альт В.В., Савченко О.Ф., Ольшевский С.Н. патент на изобретение RUS 2428672 26.05.2009 [3]. Способ определения тех. состояния ДВС и устр-во для его осуществления. Добролюбов И.П., Альт В.В., Савченко О.Ф.,</p>

ЭВМ, базы данных, топологии интегральных микросхем, автором (соавтором) которых является член команды

Ольшевский С.Н. патент на изобретение RUS 2541072 27.12.2013 [4]. Способ определения тех. состояния ДВС и устр-во для его осуществления. Добролюбов И.П., Альт В.В., Савченко О.Ф., Ольшевский С.Н. патент на изобретение RUS 2543091 опубл 27.05.2015. Бюл № 6. [5]. Способ определения тех. состояния ДВС и устр-во для его осуществления. Добролюбов И.П., Альт В.В., Ольшевский С.Н., Савченко О.Ф., патент на изобретение RUS 2571693 опубл. 20.12.2015. Бюл № 35. [6]. Способ определения цикловой подачи топлива и устройство для его осуществления Добролюбов И.П., Альт В.В., Ольшевский С.Н., Савченко О.Ф., Клименко Д.Н., патент на изобретение RUS 2665566, опубл. 31.08.2018. Бюл № 25. [7]. Способ определения тех. состояния ДВС и устр-во для его осуществления Ольшевский С.Н., Клименко Д.Н., Борисов А.А., Добролюбов И.П., Орехов А.К., патент на изобретение RU2694108 опубл. 09.07.2019. Бюл № 19 [8]. Способ определения тех. состояния ДВС и устр-во для его осуществления. Добролюбов И.П., Альт В.В., Ольшевский С.Н., Савченко О.Ф., Клименко Д.Н., патент на изобретение RU2721992, опубл. 25.05.2020. Бюл № 15. [9]. Компьютерная программа «Программа определения энергетических параметров поршневых энергетических установок». Св-во о гос. рег-ции для ЭВМ, Россия, № 2017616044 Заяв. 10.04.2017, опубл. 31.05.2017. Ольшевский С.Н., Борисов А.А., Клименко Д.Н., Орехов А.К.

2

а. ФИО

Клименко Денис Николаевич

б. Роль в проекте (должность в компании)

разработчик программно-аппаратного комплекса диагностирования и сервиса предиктивной аналитики (инженер конструктор, программист)

с. Описание функций, задач, работ, которые будет выполнять данный член команды проекта в рамках проекта

управление жизненным циклом проектов; разработка и внедрение стратегии технического развития компании, внедрение инфокоммуникационных систем развития технической диагностики; создание инфраструктуры и продвижение единого портала аналитики и технической диагностики; создание и поддержка единого дата-центра; анализ и аналитика данных технического сервиса и диагностики, создание моделей; обеспечение качественного улучшения инфраструктуры ИТ-сервисами и повышение эффективности бизнес-процессов в задачах управления, хранения и обработки данных; повышение эффективности внутренних и внешних процессов в деятельности компании, их автоматизация; регулирование внутренней политики; постановка стратегических и операционных целей; анализ хозяйственной деятельности, координация, аналитика, создание системы мотивации сотрудников компании.

d. Сфера деятельности и профессиональные достижения	разработка интеллектуальных алгоритмов, методов и средств, программной и аппаратной части диагностических устройств
e. Ключевой опыт, имеющий отношение к области данного проекта	IT специалист, опыт в информатизации и построении облачных сервисов; архитектор ПО REDSystems
f. Образование (ВУЗ, специальность и т.д.), ученая степень, звание	высшее, Новосибирский государственный технический университет, инженер-программист, факультет радиотехники и электроники; специальность: магистр техники и технологии электронных устройств; кандидат технических наук
g. Места работы, должности за последние 5 лет	СибФТИ СО РАН – заведующий лабораторией изучения физических процессов в машинах и механизмах; ИЦИГ СО РАН, НГТУ – IT специалист.
h. Научные публикации	<p>[1]. Моделирование процесса оптимального определения параметров состояния двигателя внутреннего сгорания измерительной экспертной системой. Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Альт В.В., Ольшевский С.Н., Клименко Д.Н.// Вычислительные технологии. 2015. Т. 20. № 6. С. 22-35.</p> <p>[2]. Определение мощности автотракторных двигателей по параметрам системы бортовой диагностики. Альт В.В., Ольшевский С.Н., Клименко Д.Н., Борисов А.А., Орехов А.К.// Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 119. С. 151-156. [3]. Narrow bandpass cryogenic filter for microwave measurements. Ivanov B.I., Il'ichev E., Meyer H.-G., Klimenko D.N., Sultanov A.N.//Review of Scientific Instruments. 2013. Т. 84. № 5. С. 054707. [4]. Two terminal circuits on nonuniform microstrip lines. Klimenko D.N., Ivanov B.I., Popov S.V.//12th International Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering, APEIE 2014 - Proceedings 12. 2014. С. 140-142. [5]. Исследование фильтров с широкими полосами заграждения на связанных нерегулярных линиях передачи. Клименко Д.Н., Плавский Л.Г.//Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. 2008. № 1 (30). С. 93-105. [6]. Определение перепада волнового сопротивления нерегулярной линии передачи по западному спектру линии. Клименко Д.Н., Плавский Л.Г.//Актуальные проблемы электронного приборостроения материалы IX Международной конференции, (АПЭП-2008). 2008. С. 111-115. [7]. Микрополосковые фильтры шпилечного типа для комнатных и криогенных высокочувствительных систем измерений. Иванов Б.И., Клименко Д.Н.//Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. 2011. № 4. С. 155. [8]. Автоматизированная технология энергетического мониторинга тракторного парка сельхозпредприятия. Альт В.В., Савченко О.Ф., Ольшевский С.Н.,</p>

	Елкин О.В., Клименко Д.Н.//Труды ГОСНИТИ. 2017. Т. 129. С. 36-44.
i. Цитируемость (индекс цитируемости, индекс Хирша и тому подобное), доклады на международных научных конференциях	Количество публикаций по теме проекта – 47, цитируемость – 61, индекс Хирша – 4 orcid: 0000-0002-0149-6453 ResearcherID: H-9938-2013 SPIN-код: 8541-6305 Scopus Author ID: 6603817957
j. При наличии, сведения об объектах интеллектуальной собственности в области выбранного Направления деятельности, включая изобретения, полезные модели, промышленные образцы, алгоритмы и протоколы, программы для ЭВМ, базы данных, топологии интегральных микросхем, автором (соавтором) которых является член команды	[1]. Способ определения технического состояния двигателей внутреннего сгорания и устройство для его осуществления Ольшевский С.Н., Клименко Д.Н., Борисов А.А., Добролюбов И.П., Орехов А.К., патент на изобретение RU2694108 опубл. 09.07.2019. Бюл № 19 [2]. Способ определения технического состояния двигателей внутреннего сгорания и устройство для его осуществления Добролюбов И.П., Альт В.В., Ольшевский С.Н., Савченко О.Ф., Клименко Д.Н., патент на изобретение RU2721992, опубл. 25.05.2020. Бюл № 15. [3]. Компьютерная программа «Программа определения энергетических параметров поршневых энергетических установок». Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ, Россия, № 2017616044 Заяв. 10.04.2017, опубл. 31.05.2017. Ольшевский С.Н., Борисов А.А., Клименко Д.Н., Орехов А.К. [4]. Компьютерная программа «МОТОР ТЕСТЕР OBD». Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ, Россия, № 2016611393 Заяв. Заявка № 2015662021 от 02.02.2016, опубл. 20.02.2016. Альт В.В., Ольшевский С.Н., Борисов А.А., Клименко Д.Н., Орехов А.К.
3	
a. ФИО	Борисов Александр Анатольевич
b. Роль в проекте (должность в компании)	разработчик программно-аппаратной комплекса средств сбора и обработки данных (инженер-программист)
c. Описание функций, задач, работ, которые будет выполнять данный член команды проекта в рамках проекта	организационно-техническое, экспертно-аналитическое и методологическое сопровождение; обеспечение эффективной научно-технической и производственной деятельности компании; планирование стратегии разработки продукта; разработка требований к созданию диагностических систем; разработка и создание регистрирующих устройств и средств автоматизации измерений; программирование матриц FPGA; разработка алгоритмов цифровой фильтрации и передачи данных; формирование предпосылок и согласование процедур продвижения и внедрения продукта в производство
d. Сфера деятельности и профессиональные достижения	разработка программной и аппаратной части систем сбора и обработки данных: сертифицированный специалист в области программирования процессов промышленной автоматизации

	и измерений экспериментальных исследований; создатель интеллектуальных алгоритмов распознавания информативных зон в сигналах переходных процессов и алгоритмов восстановления потери информации в таких процессах.
е. Ключевой опыт, имеющий отношение к области данного проекта	опыт работы по профилю более 9 лет, специалист в разработке алгоритмов и инженерных систем на базе устройств ПЛИС (сертификат National Instruments LabVIEW CAD № 100-317-19132); завершенных аналогичных проектов по сбору и обработке данных экспериментальных и промышленных энергоустановок - 4; Руководитель аналогичных проектов по автоматизации измерений в Schlumberger, Uniscan, с опытом спец. приемки изделий отдела.
ф. Образование (ВУЗ, специальность и т.д.), ученая степень, звание	высшее, Новосибирский государственный технический университет, факультет автоматики и вычислительной техники, Системы сбора и обработки данных, Приборостроение. инженер-программист
г. Места работы, должности за последние 5 лет	СибФТИ СО РАН – научный сотрудник; компания Schlumberger – специалист разработчик автоматизированных систем контроля и управления; компания Uniscan – руководитель отдела разработок.
h. Научные публикации	[1]. A new method of power system diagnostics for mobile equipment /Olshevskiy S.N., Dobrolyubov I.P., Klimenko D.N., Orehov A.K., Borisov A.A. // 2016 International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2016 - Proceedings. 14 June 2016, Article number 7491802. [2]. Determination of internal combustion engine power in a dynamic way using the methodology of analysis of stochastic processes / V. V. Alt, S. N. Olshevsky, D. N. Klimenko, A. A. Borisov // Actual problems of electronic instrument engineering (APEIE–2014) 2014. – Т. 1. – С. 255-259 [3]. Определение мощности автотракторных двигателей по параметрам системы бортовой диагностики. Альт В.В., Ольшевский С.Н., Клименко Д.Н., Борисов А.А., Орехов А.К.//Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 119. С. 151-156. [4]. AN EXPERIMENTAL AND THEORETICAL STUDY OF THE EVAPORATION OF NON-IDEAL SOLUTIONS DROPLETS Bochkareva E.M., Terekhov V.V., Borisov A.A., Miskiv N.B. В сборнике: MATEC Web of Conferences. 33rd Siberian Thermophysical Seminar, STS 2017. 2017. С. 08010. [5]. РАЗРАБОТКА ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДВС . Альт В.В., Ольшевский С.Н., Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Борисов А.А., Орехов А.К.// Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 118. С. 8-15.
і. Цитируемость (индекс цитируемости, индекс Хирша и тому подобное), доклады	Количество публикаций по теме проекта – 16, цитируемость – 30, индекс Хирша – 3 SPIN: 3892-0592

<p>на международных научных конференциях</p>	
<p>j. При наличии, сведения об объектах интеллектуальной собственности в области выбранного Направления деятельности, включая изобретения, полезные модели, промышленные образцы, алгоритмы и протоколы, программы для ЭВМ, базы данных, топологии интегральных микросхем, автором (соавтором) которых является член команды</p>	<p>[1]. Способ определения технического состояния двигателей внутреннего сгорания и устройство для его осуществления Ольшевский С.Н., Клименко Д.Н., Борисов А.А., Добролюбов И.П., Орехов А.К., патент на изобретение RU2694108 опубл. 09.07.2019. Бюл № 19 [2]. Компьютерная программа «Программа определения энергетических параметров поршневых энергетических установок». Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ, Россия, № 2017616044 Заяв. 10.04.2017, опубл. 31.05.2017. Ольшевский С.Н., Борисов А.А., Клименко Д.Н., Орехов А.К. [3]. Компьютерная программа «МОТОР ТЕСТЕР OBD». Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ, Россия, № 2016611393 Заяв. Заявка № 2015662021 от 02.02.2016, опубл. 20.02.2016. Альт В.В., Ольшевский С.Н., Борисов А.А., Клименко Д.Н., Орехов А.К.</p>
4	
<p>a. ФИО</p>	<p>Самойлова Евгения Викторовна</p>
<p>b. Роль в проекте (должность в компании)</p>	<p>продвижение проекта на внутреннем и международном рынках, специалист по развитию бизнеса и международного сотрудничества</p>
<p>c. Описание функций, задач, работ, которые будет выполнять данный член команды проекта в рамках проекта</p>	<p>создание стратегии и развитие рынка продукта; анализ рыночных конструкций в области диагностирования технических систем и выбор перспективных направлений; маркетинговые исследования, консалтинг и обеспечение коммуникации на уровне высшего эшелона менеджмента корпораций; создание условий для внедрения технологий и средств диагностирования; формирование вектора оптимизации извлечения прибыли в продвижении проектов компании с целью устойчивого финансового роста компании, создания имиджа компании (укрепление брэнда) и высокого политического статуса в сфере технического сервиса; разработка бизнес-модели; упаковка продукта; формирование основных показателей бизнеса; переговоры, защита проектов и представление продуктов компании; выстраивание системы привлечения клиентов в Интернете; разработка стратегии интернет-маркетинга; аналитика mass-market; создание условий для коммуникации, получения лингвистической грамотности команды, уважительности и порядочности друг к другу членов коллектива в деятельности компании.</p>
<p>d. Сфера деятельности и профессиональные достижения</p>	<p>Профессионал межкультурной коммуникации в сфере делового и корпоративного общения (языки: английский, испанский, японский, французский, корейский).</p>

## КОМАНДА

е. Ключевой опыт, имеющий отношение к области данного проекта	специалист международного сотрудничества и развития бизнеса сибирских компаний («Inform-Event», «СибАнтс Софт», «ТехноСити», «САН», «Need4Video», «Новые Технологии», «Сибкон», в которых успешно реализовала проекты вывода продуктов и построение моделей бизнеса этих компаний на международном рынке; специалист рекламы и дизайна, специалист в области менеджмента инновационного бизнеса, в области управления малыми и средними предприятиями.
f. Образование (ВУЗ, специальность и т.д.), ученая степень, звание	Образование высшее: 2014, Новосибирский национальный исследовательский государственный университет – Президентская Программа подготовки управленческих кадров, Менеджмент Инновационного Бизнеса 2009, Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Новосибирск – Факультет иностранных языков, Теория и практика межкультурной коммуникации/Межкультурная коммуникация в сфере делового и корпоративного общения (яп и англ). 2009, Kyoto University of Foreign Studies. Факультет японского языка, Отделение для иностранных студентов, Японский язык и культура Японии для иностранных студентов. Повышение квалификации: 2014, "Управление малыми и средними предприятиями" в рамках программы технического содействия РФ, осуществляемой Правительством Японии Ано "Японский центр" и World Business Associates Co. LTD., Управление малыми и средними предприятиями. 2013, Идеология сотрудничества (Системное мышление на переговорах) Технопарк, Новосибирск (бизнес-тренер: Марина Киянова) 2013, Презентации и продажи как результат эффективной коммуникации Технопарк, Новосибирск (бизнес-тренер: Марина Киянова) 2012, Тренинги по продажам и маркетингу ООО "САН"
g. Места работы, должности за последние 5 лет	ООО АМК «ИнформБюро» и «Inform-Event» – учредитель, руководитель проектов; Центр Оптимизации Программных Систем, ООО «СибАнтс Софт» – специалист по продажам, международному сотрудничеству и развитию; компания «ТехноСити» – специалист отдела рекламы; АО "Новосибирский завод искусственного волокна" (НЗИВ) – заместитель технического директора, помощник генерального директора.
h. Научные публикации	нет
i. Цитируемость (индекс цитируемости, индекс Хирша и тому подобное), доклады на международных научных конференциях	нет

j. При наличии, сведения об объектах интеллектуальной собственности в области выбранного Направления деятельности, включая изобретения, полезные модели, промышленные образцы, алгоритмы и протоколы, программы для ЭВМ, базы данных, топологии интегральных микросхем, автором (соавтором) которых является член команды

нет

### **17. История и динамика развития проекта**

2016 г. - старт проекта (акселератор GenerationS, грант ФСИ Старт1).

2017 г. - созданы MVP, ПО для ЭВМ РФ No 2017616044.

2018 г. - первые пилоты в городах: Уфа, Красноярск, Москва, Архангельск, Любляна (Словения).

2019 г. - созданы: интеллектуальная собственность (ПАТЕНТ РФ RU 2694108), know-how. Введен режим коммерческой тайны.

2020 г. - расширение зарубежного сотрудничества: DTC (г. Биль, Швейцария); Грацкий технологический университет Институт двигателей внутреннего сгорания и термодинамики (Австрия) – результаты испытаний в DTC использованы в магистерской работе; EMAgroup-BLUETRAKER (г. Марибор, Словения); PRIGO (г. Любляна, Словения); LIEBHERR – письменное взаимодействие по оценке продукта.

### **18. Получали ли Вы и (или) члены команды проекта гранты на данную или схожую тематику? (даты, суммы, характер проектов, полученные результаты)**

2016 г. , 2 млн руб., НИОКР, грант ФСИ по программе Старт1, разработан MVP

### **19. Привлекалось ли венчурное и (или) иное финансирование? (инвесторы, суммы, результаты)**

D2S, €5000, результат - получен допуск к испытаниям MVP в Dynamic Test Center AG (Швейцария), проведены испытания совместно с Грацким технологическим университетом Институтом двигателей внутреннего сгорания и термодинамики.

### **20. Участвует ли проект в программах других институтов развития (если да, то указать название института развития. К институтам развития, например, относятся Роснано, РВК, Внешэкономбанк, ММВБ, Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, Агентство стратегических инициатив, Российская ассоциация прямого и венчурного инвестирования, Росмолодежь, ММВБ, «ОПОРА России»)**

нет

### 21. Укажите текущий статус проекта (какие результаты уже достигнуты и чем они подтверждены)

Проект имеет стадию лабораторного производства и пилотного внедрения в горной промышленности и транспорте на следующих объектах: судовые, тепловозные энергоустановки, дизельгенераторные установки, грузовые и легковые автомобили, в частности:

1) авторизованное гарантийное представительство фирмы MERCEDES-BENZ в Словении «PRIGO» (стендовые и динамические испытания, г. Любляна, Словения), а также авторизованное гарантийное представительство фирмы BOSCH в РБ «БошДизельСервис» (бета-тестирование, г. Уфа);

2) «DTC Dynamic Test Center AG» (стендовые и эксплуатационные испытания судовых, тепловозных, тракторных и автомобильных дизелей, г. Биль, Швейцария);

3) «ЛУКОЙЛ» ГОК им. Гриба (экспертиза ДГУ мощностью 5.7 МВт, г. Архангельск).

Разработано регистрирующее диагностическое устройство и программное обеспечение для анализа переходных процессов энергоустановки.

Проведено исследование рынка, определены ниши технической экспертизы, надзора, диагностики удаленных и мобильных объектов.

Разработана методология предиктивной аналитики по функции динамики параметра КПДмех.

Проведены переговоры с отечественными и зарубежными компаниями, включая демонстрацию и натурные испытания продукта REDSystems на пилотных площадках.

Выполнены первые заказы на объектах пилотного внедрения продукта.

Научно-технические решения в проекте защищены ОИС:

1) Программа для ЭВМ РФ № 2017616044;

2) Патент РФ RU 2694108.

Команда проекта является кросс-функциональной и обладает необходимым опытом по разработке, продвижению технологии и диагностических устройств (в т.ч. средств сбора данных переходных процессов). В частности в команде присутствуют ключевые исследователи, обладающие знаниями в области методов испытаний энергоустановок, а также в области межкультурной коммуникации, делового и корпоративного общения.

### 22. Опишите ключевые цели проекта (не более 3-х) и ориентировочный срок их достижения

#	Цель и сроки
1	Разработка облачных сервисов аналитики технического состояния машин с применением искусственного интеллекта и построение риск-ориентированного техсервиса совместно с индустриальным партнером, 3 года.
2	Создание ОИС, разработка средств для диагностики силовых машин посредством интеллектуальных алгоритмов построения цифрового двойника, основанного на лучших результатах испытаний объекта, 3 года
3	Разработка базовой платформы для масштабирования инструментов предиктивной аналитики в различных отраслях и создание канала коммерциализации через облачные сервисы аналитики данных тестов, 4 года.

### **в. Обобщенный план последующего развития (до достижения коммерческого результата)**

2025 г. - Создание стандартных (типовых) решений для технического сервиса парка машин грузовых автомобилей, тракторов с целью эффективного внедрения продукта REDSystems в дорожном строительстве, на автотранспорте и других сферах народного хозяйства.

2026 г. - Создание открытой облачной платформы и сервиса предоставления органам государственной власти территориальной карты состояния стационарных и мобильных машин в подведомственном регионе для мониторинга промышленного и экономического его развития.

2027 г. - Проведение НИОКР по созданию базы знаний нарушений рабочих процессов энергоустановки методом гармонического анализа угловых перемещений вала на переходных режимах и разработка на их основе методов машинного обучения для автоматического обнаружения/определения конкретных неисправностей и оценки ресурсных характеристик отдельных узлов и механизмов. Цель: развитие проекта в направлении автоматизации диагностики на основе базы данных локальных неисправностей и связанных с ними оценок ресурса, в доступном специалисту виде и в т.ч. не очень квалифицированному пользователю для применения средств диагностики в отрыве от разработчиков, для расширения рынка и роста коммерциализуемости облачных сервисов.

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

ДОРОЖНАЯ КАРТА	2021			
	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
Исследования и разработки			Разработка технологической инструкции диагностики методом динамических испытаний.	
Создание продукта				
Общее организационное развитие и план по найму				
Защита интеллектуальной собственности и лицензирование				
Маркетинг, внедрение, продвижение				Разработка плана продаж и задания на производство изделий продукта. Действия по опытному внедрению и сравнение экономических показателей до и после использования системы, проект расчета экономического эффекта.

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

ДОРОЖНАЯ КАРТА	2021			
	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
Привлечение инвестиций и продажи				

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

ДОРОЖНАЯ КАРТА	2022			
	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
Исследования и разработки		Разработка адаптивных алгоритмов оценки работы отдельных цилиндров энергоустановки. Создание сервиса автоматического распознавания зон работы цилиндров и аналитики их технического состояния.		Исследование эксплуатационных и аварийных зон КПДмех, определение сервисных допусков для рекомендаций по внесению в регламент обслуживания техники, а также по внесению в правила и нормы ОСТ, РРР, РРМС по обеспечению надежности. Результаты будут использованы в аналитике близости текущих результатов испытаний в зоне допусков установленных границ для обследуемой энергоустановки.
Создание продукта	Разработка опытного образца программно-аппаратного комплекса для определения скоростных характеристик энергоустановки и основных диагностических параметров.	Разработка канала синхронизации работы цилиндров и угловых перемещений вала энергоустановки. Разработка ПО аппаратной части для синхронизации данных параллельных каналов. Изготовление мезонин платы с каналом синхронизации, тестирование программно-аппаратного комплекса при работе одновременно всех каналов.		
Общее организационное развитие и план по найму		Создание условий (площадки для проведения НИОКР и мелкосерийного производства), спец. рабочих мест (12 чел.) и инфра-ры, включая аренду помещений и техн-кого оборудования.		

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

ДОРОЖНАЯ КАРТА	2022			
	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
Защита интеллектуальной собственности и лицензирование			Описание изобретения в соответствии с требованиями Заявки, профессиональный перевод совместно с патентным поверенным.	
Маркетинг, внедрение, продвижение				Разработка плана маркетинговой компании. Разработка предложений web-технологий и конкурентной технологии продвижения. Переговоры с Заказчиками. Анализ отзывов. Упаковка продукта. Промышленный дизайн.
Привлечение инвестиций и продажи		Оформление заявки на поддержку в фонды по проекту совместно с индустриальным партнером 3- 6 млн. руб. Взаимодействие с DTC для разработки плана участия в заявках на гранты в ЕС.		Переговоры с производит. энергоустановок, с владельцами судов, РЖД по системному внедрению. Переговоры с зарубежными компаниями. Запрос на доклад в Ростехнадзоре. Пилотное внедрение и продажи 2 млн. руб.

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

ДОРОЖНАЯ КАРТА	2023			
	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
Исследования и разработки		Разработка адаптивной модели цифровых двойников и самонастраивающегося алгоритма приближения к наилучшему значению КПДмех в области характеристик всех тестов конкретной марки энергоустановки.		Разработка методики определения функции интенсивности отказа энергоустановки по динамике параметра КПДмех. Разработка принципов риск-ориентированной системы ремонта и ТО на основе управления надежностью машин по трендам (степени отклонения) основных диагностических параметров: мощность, КПДмех.
Создание продукта	Разработка программного модуля монетизации облачных сервисов	Разработка программно-аппаратного модуля сбора и передачи данных в базы облачных сервисов.	Разработка ПО облачных сервисов обработки/аналитики данных испытаний/инспекций (с применением искусственного интеллекта) и представления результатов о техническом состоянии энергоустановок, а также расчета вероятности их работоспособности в прогнозный период и предупреждений при обнаружении критических значений отклонений основных диагностических параметров.	
Общее организационное развитие и план по найму		Обеспечение требуемой инфраструктурой (ПО для разработки, компьютерная техника, электротехническое оборудование и пр.). Привлечение профессиональных компенсаций (инж., консультанты, мен-р продаж).		Переговоры с партнерами производства комплектующих, плат и пр. (центр прибор-я, поиск вариантов зарубежного производства, расширение производственной площадки)

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

ДОРОЖНАЯ КАРТА	2023			
	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
Защита интеллектуальной собственности и лицензирование		Оформление полного надлежащим образом комплекта документов в соответствии с требованиями Заявки. Подача Заявки в зоне РФ, ЕС.		Ведение официальной переписки по осуществлению регистрационных действий. устранение замечаний. Предполагается получение Патента.
Маркетинг, внедрение, продвижение				Создание технической папки для сертификации и подача заявки на соответствие безопасности продукта. Участие в государственных закупках по поставке системы диагностики и предиктивной аналитики.
Привлечение инвестиций и продажи				Создание с производителями и эксплуатационниками контрактов по масштабированию системы диагностики и предиктивной аналитике. Увеличение продаж в 2 раза.

## **СВЕДЕНИЯ О ЮРИДИЧЕСКОМ ЛИЦЕ (заявителем по предварительной экспертизе не заполняются)**

---

### **24. Название юридического лица**

Общество с ограниченной ответственностью «РедСистемс»

### **25. Контактный телефон**

+79039977555

### **26. Почтовый адрес**

630501, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, здание СибФТИ, оф. 659

### **27. Web-сайт**

<http://redsystems.tech/>

### **28. Основной государственный регистрационный номер (ОГРН) юридического лица**

1165476083101

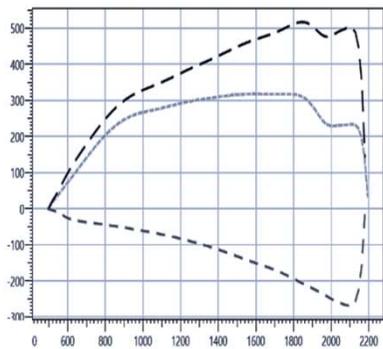
### **29. Индивидуальный номер налогоплательщика (ИНН) юридического лица**

5433956606

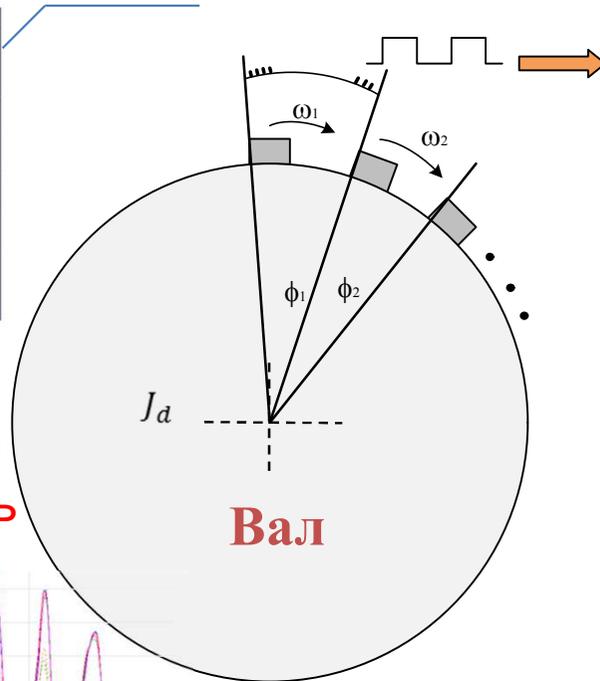
\*.Приложение к описанию технологии

# ТЕХНОЛОГИЯ – анализ работы двигателя на основе переходных характеристики и внутрицикловой неравномерности с использованием машинного интеллекта

Переходные характеристики



Общее состояние

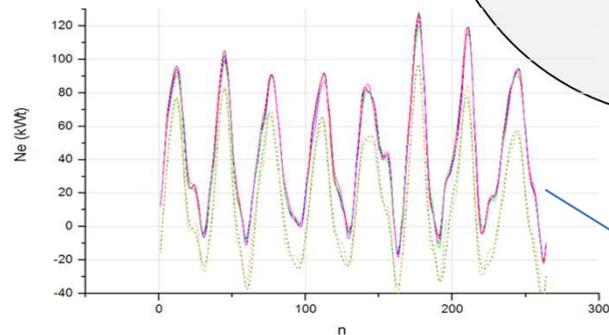


Датчик  
положения  
коленчатого  
вала



Анализ  
неравномерности  
вращения  
коленвала  
[Программа для ЭВМ  
РФ № 2017616044](#)

Внутрицикловая  
неравномерность



Состояние  
цилиндров

Механический  
КПД  
 $\eta_{мех}$



Метод  
RedSystems  
[Патент РФ RU 2694108](#)

Диагностика в течение 1-2 минут

**ТЕХНОЛОГИЯ – тест → характеристика → состояние**

Любая конструкция дизеля

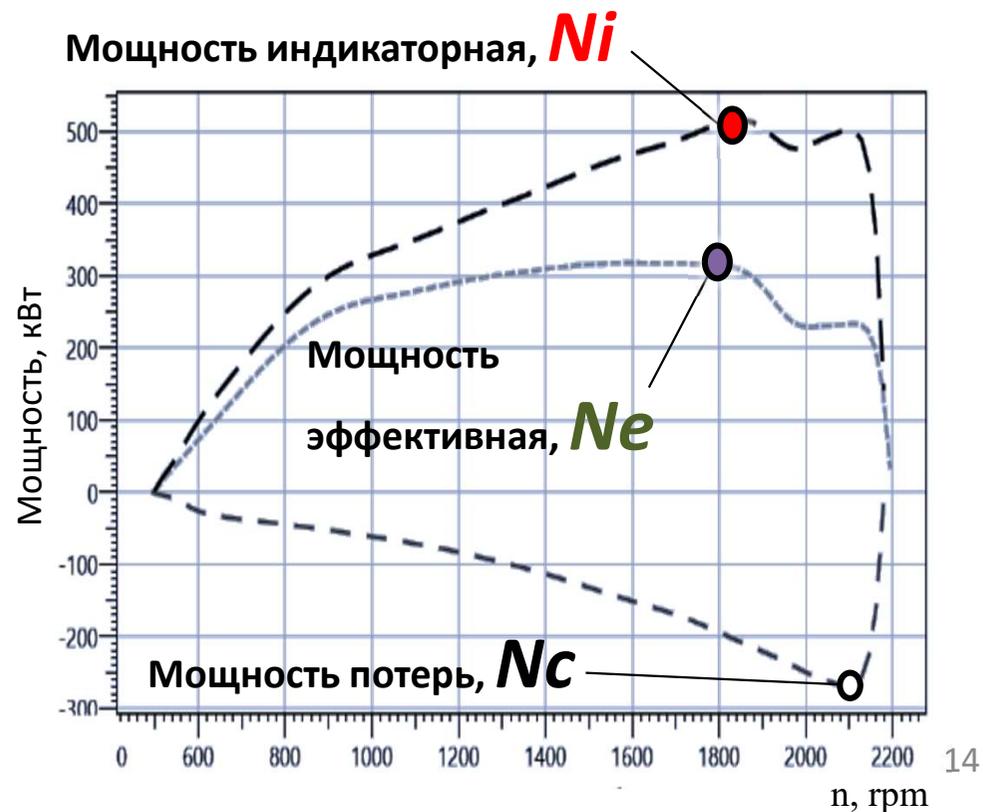
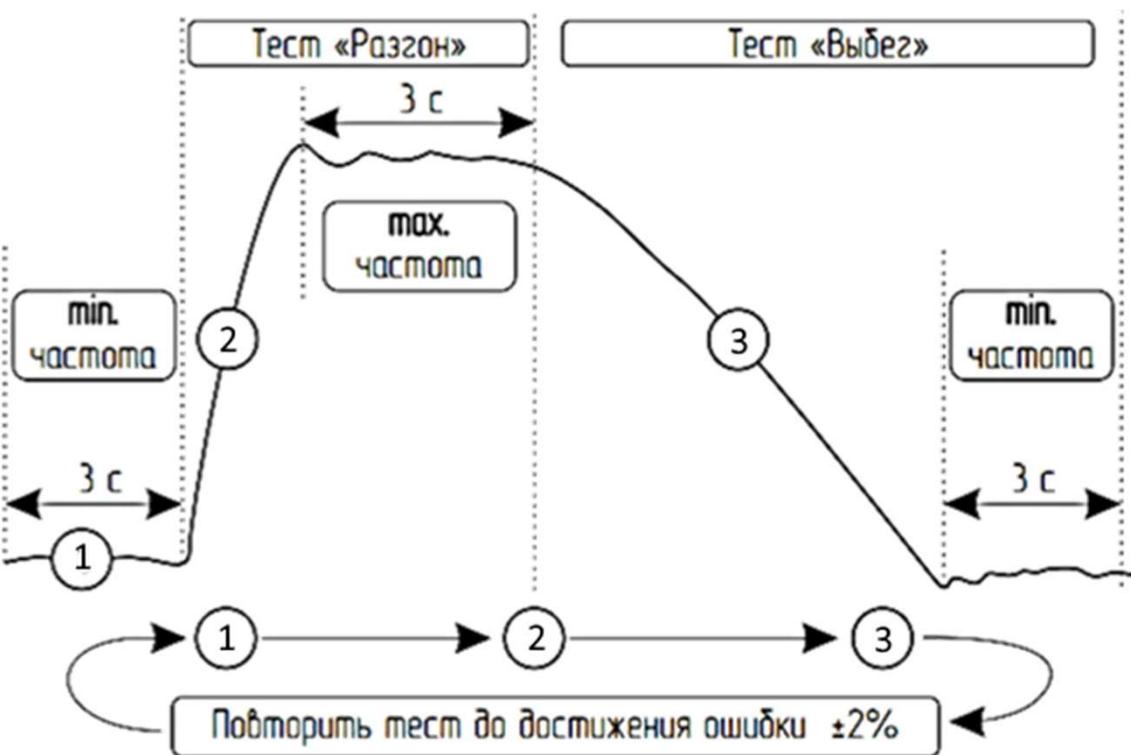
Любая мощность двигателя

МОДЕЛЬ →

$$\eta_{\text{мех}} = \frac{N_e}{N_i}$$

Аналитическая

Без обучения



Протокол испытаний дизеля марки John Deere

<b>Параметры трактора</b>		<b>Дата и тестировщик</b>	
Модель:	John Deere 9530	Дата измерения:	10.04.2015 г. (10:20) 26.05.2016 г. (10:00)
Инвентарный номер:	55	Тестировщик:	
Vin номер:	_____	<b>Комментарии</b>	
<p>John Deere 9530 - 55</p>			
<b>Результаты измерений</b>		<b>Характеристики агрегата</b>	
10.04.2015		26.05.2016	
<b>Ne:</b>	343 кВт	<b>Ne:</b>	299 кВт
<b>Ni:</b>	530 кВт	<b>Ni:</b>	495 кВт
<b>Nc:</b>	-189 кВт	<b>Nc:</b>	-197 кВт
КПД:	0.646	КПД:	0.603
П <sub>ном</sub> :	2052	П <sub>ном</sub> :	2083
П <sub>мин</sub> :	900	П <sub>мин</sub> :	900
		Марка:	PowerTech+
		Рабочий объем:	13,5 л
		<b>Номинальная мощность:</b>	<b>349 кВт</b>
		Частота вращения:	1900 об/мин
		Запас крутящего момента:	38%
		Прирост мощности:	10%
<b>Дата составления отчета:</b>		01.06.2016 г.	
Составил:			
Проверил:			

## Протокол испытаний дизеля Rolls-Royce B32:40V12AH-2CD

ПРОТОКОЛ № 2 испытания дизель-генераторной установки №5																															
Двигатель		Проведение испытаний																													
Модель:	Rolls-Royce B32:40V12AH-2CD	Дата испытаний:	30.09.2017 г.																												
Вip номер:	██████████	Метод*:	Динамический внутрицикловой																												
Условия испытаний		Система испытаний																													
Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	750	Марка:																													
Расход топлива на режиме холостого хода, м <sup>3</sup> /ч	0.11	Режимы:	I – пуск																												
Расход топлива на режиме нагрузки, м <sup>3</sup> /ч	0.86		II – холостой ход																												
Уровень нагрузки, %	64		III – нагрузка																												
Генераторная мощность, МВт	3.36		IV – выбег																												
Результаты измерений																															
<table border="1"> <caption>Данные для графика</caption> <thead> <tr> <th>Условный механический КПД</th> <th>Nc (МВт)</th> <th>Ne (МВт)</th> <th>Ni (МВт)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.81</td> <td>-0.85</td> <td>3.63</td> <td>4.48</td> </tr> <tr> <td>0.84</td> <td>-0.76</td> <td>4.03</td> <td>4.79</td> </tr> <tr> <td>0.86</td> <td>-0.57</td> <td>3.61</td> <td>4.18</td> </tr> <tr> <td>0.87</td> <td>-0.57</td> <td>3.83</td> <td>4.40</td> </tr> <tr> <td>0.80</td> <td>-0.87</td> <td>3.53</td> <td>4.41</td> </tr> <tr> <td>0.74</td> <td>-1.18</td> <td>3.33</td> <td>4.51</td> </tr> </tbody> </table>				Условный механический КПД	Nc (МВт)	Ne (МВт)	Ni (МВт)	0.81	-0.85	3.63	4.48	0.84	-0.76	4.03	4.79	0.86	-0.57	3.61	4.18	0.87	-0.57	3.83	4.40	0.80	-0.87	3.53	4.41	0.74	-1.18	3.33	4.51
Условный механический КПД	Nc (МВт)	Ne (МВт)	Ni (МВт)																												
0.81	-0.85	3.63	4.48																												
0.84	-0.76	4.03	4.79																												
0.86	-0.57	3.61	4.18																												
0.87	-0.57	3.83	4.40																												
0.80	-0.87	3.53	4.41																												
0.74	-1.18	3.33	4.51																												
Результаты испытаний																															
Наименование параметра			Значение																												
Номинальная мощность дизеля, МВт:			3,59																												
Неравномерность механического КПД по шейкам <sup>**</sup> , %			16																												
Неравномерность тепловыделения пар цилиндров <sup>**</sup> , %			13,7																												
Неравномерность эффективной мощности пар цилиндров <sup>**</sup> , %			19,1																												
Неравномерность мощности потерь по шейкам или парам цилиндров <sup>**</sup> , %			-76																												
Неравномерность герметичности цилиндров, %			6,7																												
Механический КПД двигателя, %			82,1																												
Мощность потерь, МВт			-0,8																												
Составил:		Утвердил:																													
Клименко Д.Н.		Ольшевский С.Н.																													

\* - метод разработан Ольшевский С.Н., Клименко Д.Н., Добролюбовым И.П. при поддержке Фонда содействия инновациям.  
 \*\* - на участках рабочих ходов цилиндров рядов А и В на одной шатунной шейке.

Внешний вид устройства регистрации



## АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

## «15 центральный автомобильный ремонтный завод»

630056, Новосибирская обл., г. Новосибирск, ул. Варшавская, 1

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор  
АО «15 центральный автомобильный  
ремонтный завод»

В.В. Батуев

«» 2017 г.

ПРОТОКОЛ № 01/17

испытаний системы диагностики двигателей

от «27» апреля 2017 г.

1. **Система диагностики двигателей:** предназначена для определения мощности двигателя и основных его диагностических параметров методом динамических испытаний (далее по тексту Система).

Разработчик: Ольшевский С.Н.

Дата выпуска: 2017 г.

Условия применения:

- относительная влажность воздуха до 90 % при +35 °С;
- атмосферное давление 84,0-106,7 кПа (630-800 мм рт. ст.);
- температура окружающего воздуха от -40 до +50 °С.

2. **Функции Системы:**

Измерение частоты вращения коленчатого вала ДВС.

Построение скоростной динамической характеристики.

Расчет диагностических параметров:

- эффективная мощность  $N_e$ ;
- условная мощность механических потерь  $N_c$ ;
- эффективный крутящий момент при номинальной мощности  $M_e$ ;
- условный крутящий момент механических потерь при номинальной мощности  $M_c$ ;
- условный механический КПД  $\eta_M$ ;
- максимальная частота вращения холостого хода  $n_{max.x.x.}$ ;
- номинальная частота вращения  $n_{ном.}$ ;
- минимальная частота вращения холостого хода  $n_{min.x.x.}$ ;
- частота вращения при максимальном крутящем моменте  $n_{Mmax}$ ;
- степень неравномерности регулятора частоты вращения  $\delta$ ;
- номинальный коэффициент запаса крутящего момента  $K$ .

3. **Метод испытаний системы:**

Степень соответствия полученных с помощью Системы диагностических параметров определялась по нагрузочной характеристике двигателя, полученной методом стендовых испытаний на аттестованном оборудовании – обкаточно-тормозной стенд SIEMENS 0007742 Зав. № 09.002.009.000 (первичная аттестация 19.06.2016; периодическая 04.10.2016; очередная – октябрь 2017 г.).

Испытания проводились в боксе 127 ОА «15 ЦАРЗ» на двигателе ЯМЗ 238 № 90373611.

Условия проведения испытаний:

- температура окружающего воздуха:  $t = 23$  °С;
- атмосферное давление:  $P_{атм} = 99$  кПа;
- влажность окружающего воздуха: 30,2 %;
- температура охлаждающей жидкости:  $t_{охл} = 75-90$  °С.

При методе стендовых испытаний получена нагрузочная (регуляторная) характеристика двигателя, определены максимальная мощность двигателя и его основные параметры скоростных режимов (номинальная частота вращения, максимальная и минимальная частоты холостого хода).

Системой получена нагрузочная характеристика в динамических режимах: 1) разгон двигателя (при максимальной подаче топлива); 2) выбег двигателя (переходного режима при отключенной подаче топлива). Динамические испытания проводились без кардана, соединяющего ротор стенда с двигателем.

По экспериментальным данным определено абсолютное отклонение и относительное отклонение основных параметров двигателя:  $P_i = 1 - \frac{P_{i-д}}{P_{i-ст}}$ , где  $P_{i-ст}$  – i-й параметр, полученный методом стендовых испытаний;  $P_{i-д}$  – i-й параметр, полученный методом динамических испытаний.

#### 4. Данные и результаты испытаний Системы:

Произведено измерение параметров двигателя для режимов установленной нагрузки методом стендовых испытаний.

Произведено измерение параметров двигателя на переходных режимах работы двигателя Системой.

Результаты сведены в отчет в приложении.

По промежуточным точкам внешней характеристики двигателя получена нагрузочная характеристика, представленная в приложении. Точки на характеристике соответствуют нагрузочным режимам тормозного стенда; сплошная линия на диаграмме соответствует характеристике, полученной по параметрам переходных режимов Системой.

#### 5. Заключение о результатах испытаний системы:

- 1) Системой получены параметры двигателя:  $N_e$ ,  $M_e$ ,  $n_{ном}$ ,  $n_{max.x.x.}$ ,  $n_{min.x.x.}$
- 2) Значения параметров соответствуют значениям, измеренных методом стендовых испытаний. Отклонение составляет от 0,03 до 0,9 %. Максимальное отклонение установлено для параметра «Номинальный крутящий момент».
- 3) Время испытания Системой двигателя - 2 мин.
- 4) Установлены требования к реализации метода динамических испытаний:
  - а) Установка датчика угла поворота коленчатого вала напротив зубчатого венца маховика.
  - б) Тестовые воздействия в следующей последовательности:
    - установить минимальную устойчивую частоту вращения коленчатого вала;
    - в течении 5 с выдержать режим минимально устойчивой частоты вращения коленчатого вала;
    - резко перевести орган управления подачей топлива в максимальное положение;
    - после разгона двигателя дождаться устойчивой максимальной частоты холостого хода и выдержать этот режим в течении 1-2 с;
    - резко перевести орган управления подачей топлива в положение, соответствующее минимальной частоте холостого хода;
    - после выбега двигателя добиться устойчивой минимальной частоты холостого хода и выдержать этот режим в течении 2 с.

#### Выводы:

- 1) Система определяет нагрузочную характеристику двигателя по его динамическим свойствам.
- 2) Система пригодна для контроля основных параметров двигателя в эксплуатации.

Комиссия в составе:

от АО «15 ЦАРЗ»

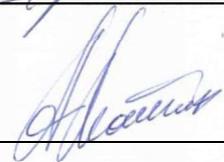
Верниковский Геннадий  
Владимирович



---

от ООО НПЦ «Красный  
Октябрь»

Машкин Алексей Николаевич



---

от ООО «РедСистемс»

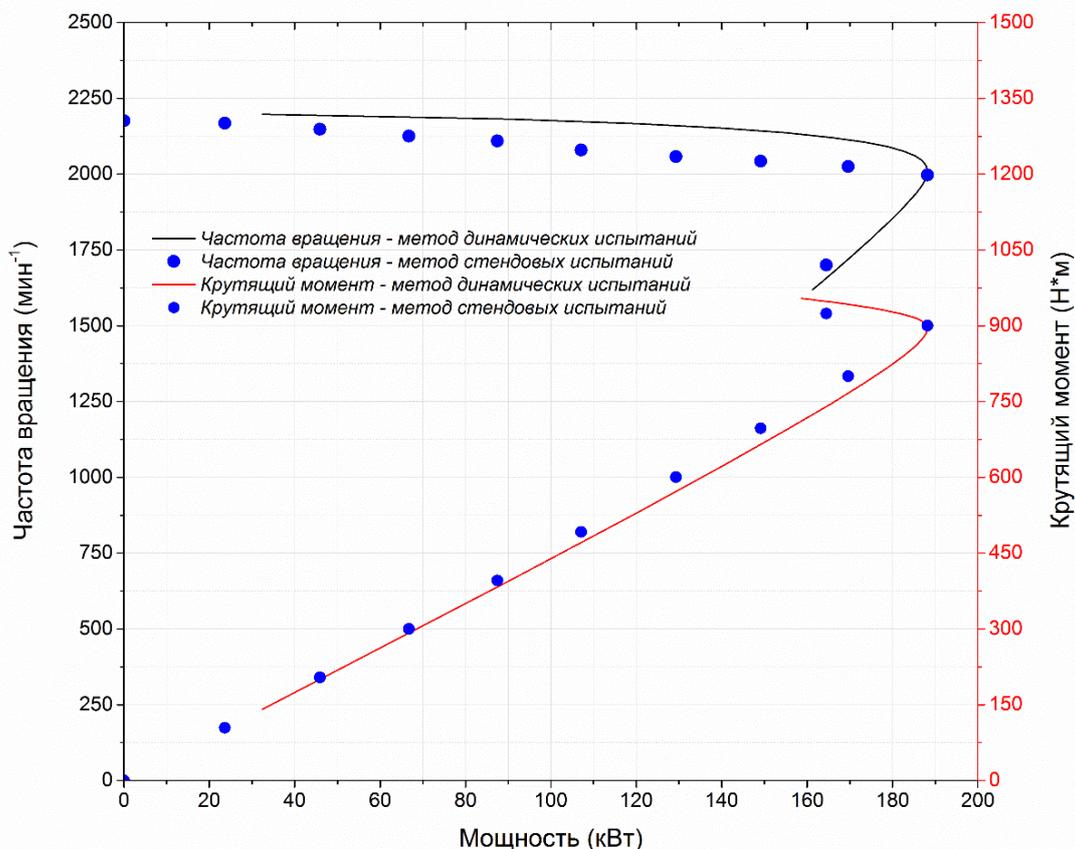
Клименко Денис Николаевич



---

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
 «15 центральный автомобильный ремонтный завод»  
 630056, Новосибирская обл., г. Новосибирск, ул. Варшавская, 1

Двигатель		Проведение испытаний	
Модель:	ЯМЗ-238 6582	Дата испытаний:	27.07.2017 г.
Vin номер:	№ 90373611	Испытатель:	_____
Условия испытаний		Обкаточно-тормозной стенд	
$t_{\text{окружающего. воздуха}}$	23 °C	Марка:	SIEMENS 0007742
$P_{\text{атм}}$	99 кПа	Инв. номер:	№ 09.002.009.000
Влажность окружающего воздуха	30,2 %		
$t_{\text{охл. жидкости}}$	75-90 °C		



### Результаты испытаний

Наименование параметра	Система REDSystems	Стендовый метод	Отклонение, %
Номинальная мощность $N_e$ , кВт:	188,81	188,89	0,04
Номинальный крутящий момент $M_e$ , Н·м:	895,08	904	0,98
Номинальная частота вращения $n_{\text{ном}}$ , мин <sup>-1</sup> :	2014	1997	0,85
Максимальная частота вращения хол. хода $n_{\text{max.x.x.}}$ , мин <sup>-1</sup> :	2197	2176	0,9
Минимальная частота вращения хол. хода $n_{\text{min.x.x.}}$ , мин <sup>-1</sup> :	672	670	0,3

Дата составления отчета:

Составил:

## Сравнение с конкурентами

Приложение 7

Параметр		  близкий аналог	       2050.digital	
Мобильность	да	нет	нет	нет
Источник информации для анализа состояния энергоустановки	Сигнал от <b>1</b> штатного датчика вала	Сигналы штатных (до 20) датчиков t-ры, скорости.	Сигналы всех штатных (от 20 до 100) и датчиков контроля внешних процессов (t-ра, давление, вибро-, акустич. эмиссии и пр.)	Данные CAN-шины от штатных датчиков
Время диагностики	<b>10 – 15 мин.</b>	Непрерывно, нов. объект 2 дня	Непрерывно, новый объект 2 - 10 дней	По запросу, новый объект 2 дня
Стоимость, тыс. руб.	<b>350-550</b>	> 4000	>3000-5000	850
Диагностика, руб.: - однократная - годовая	<b>5000</b> <b>50000</b>	25000 500000	15000 - 150000 300000 - 700000	10000 180000