

**Общество с ограниченной ответственностью
«Моторостроительная компания ЗК-Мотор»
630090, г. Новосибирск, ул. Институтская, 4/3**

Предложение для инвесторов:

**доведение авиационного поршневого двигателя
ЗК-2000 «Модуль-Д» до стендовых и летных испытаний.**

Приложение: возможные применения авиадвигателя.

Генеральный директор



И.С. Ким

Заместитель генерального
директора-главный конструктор, д.т.н.



И.Д. Зверков

22 июня 2023 г.

Разработка авиадвигателя Моторостроительной компанией ЗК-Мотор

Коллектив разработчиков ведет работу по созданию авиационного ДВС с июня 2013 г. (в 2013-2015 гг. разработка проводилась в компании ООО «Фрактал Технологии», впоследствии все права переданы в ООО «ЗК-Мотор»).

- В 2013-2015 гг. прорабатывались и испытывались методы и технологии формирования оксидных функциональных слоев на алюминиевых сплавах. Разработано ТЗ на оборудование для формирования функциональных оксидных слоев (покрытий).
- В 2016-2017 гг. разработан и изготовлен стенд для испытания авиационных ДВС.
- Проведена модернизация и испытания серийного двигателя М-11, оснащенного электронной системой зажигания и системой впрыска топлива в цилиндры.

Компанией ЗК-Мотор в содружестве с Новосибирским Государственным Техническим Университетом – Студенческое конструкторское бюро Факультета летательных аппаратов и Институтом неорганической химии Сибирского отделения РАН – методики применения плазменно-электролитического оксидирования (ПЭО) был спроектирован и изготовлен первый целиком алюминиевый двигатель - демонстратор технологий – ЗК-4000 «Аэроэндуро» мощностью 400 л.с. Более подробно о его технических характеристиках и применении ПЭО технологии можно ознакомиться в работе [1]. Двигатель прошел первоначальные испытания совместно с винтом В-530-Д11 диаметром 2,75 метра на наземном стенде (Рис. 1).



Рис. 1. Двигатель демонстратор технологий «Аэроэндуро» на испытательном стенде, п/п «Мочище» (январь 2018 г.)

По результатам испытаний демонстратора технологий и анализа возможных применений для установки на различные типы воздушных судов (ВС) авиации общего назначения (АОН) был сделан вывод о том, что такой типоразмер двигателя ограничивает потенциальный рыночный сегмент по продажам.

Принято решение о создании авиационного модульного двигателя «Модуль-Д» мощностью 200 л.с. и массой не более 100 кг (включая навесное оборудование). Конструкция двигателя рассчитана на установку на различные типы транспортных средств с аэродвижителями, где требуется мощность одной силовой установки около 200 л.с. Основные характеристики проиллюстрированы Таблицей 1.

Таблица 1. Основные характеристики Двигателя ЗК-2000 «Модуль-Д»

1	2	3	4	5
Мощность двигателя, л.с., при 2 100 об/мин	Рабочий объем, куб. см	Масса двигателя (без жидкостей), кг	Габаритные размеры (ДхШхВ), мм	Охлаждение
200	2 035	не более 100	583x632x572	жидкостное

Габаритные размеры авиадвигателя «Модуль-Д» приведены на Рис. 2.

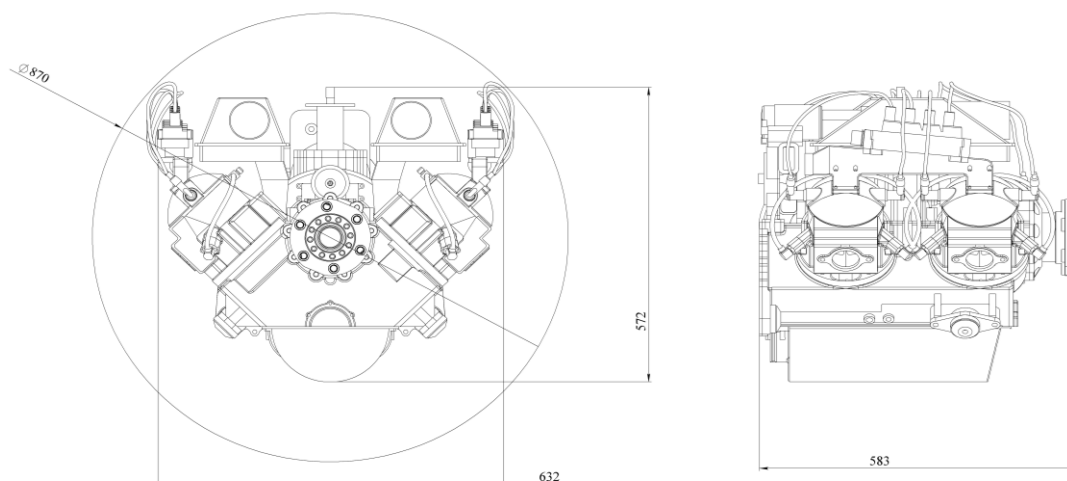


Рис. 2. Габаритные размеры двигателя ЗК-2000 «Модуль-Д»

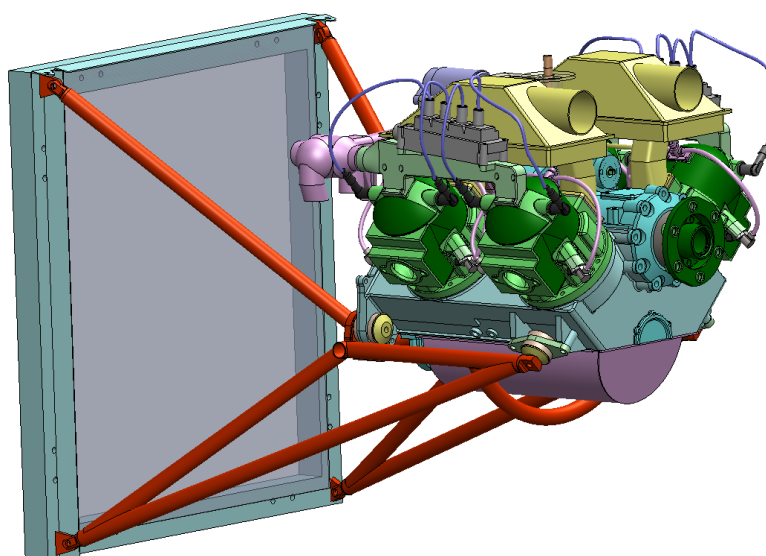


Рис. 3. Общий вид двигателя ЗК-2000 «Модуль-Д» на мотораме испытательного стенда

Главным свойством этого двигателя является то, что это силовой энергетический модуль. С помощью использования алюминиевых сплавов, которые, с одной стороны, технологичны, а, с другой стороны, имеют высокий показатель удельной прочности, создается двигатель с высоким показателем удельной мощности равной 2 л.с./кг.

Высокий ресурс (планируемый не менее 2 000 часов до капитального ремонта) обеспечивается обработкой поверхности деталей, работающих в паре, с помощью плазменно-электролитического оксидирования (ПЭО-процесс).

Для того, чтобы использовать двигатель на различных транспортных средствах с аэродвижителями энергетическому модулю приданы следующие свойства и качества:

- 1) Водяное (жидкостное) охлаждение двигателя. Позволяет термостабилизировать двигатель при любой компоновочной схеме.
- 2) Система предпускового подогрева. Позволяет автономно эксплуатировать двигатель в условиях Сибири и Крайнего Севера.
- 3) Система смазки с «сухим» картером. Позволяет устанавливать двигатель с осью вращения винта, расположенной горизонтально (самолет, аэроглиссер), и с осью вращения винта расположенной вертикально (вертолет, мультикоптер).
- 4) Картер двигателя обеспечивает стыковку двух двигателей в один агрегат (спарку) совокупной мощностью 400 л.с.
- 5) Выходной вал двигателя – пустотелый. Позволяет провести сквозь него вал другого двигателя спарки для создания соосного воздушного винта, либо какой-либо элемент конструкции, например электромотор-генератор.
- 6) Дублированная система зажигания и впрыска топлива. Повышает надежность двигателя, позволяет провести его сертификацию как авиационной силовой установки.
- 7) Высотнкомпенсирующий наддув. Позволяет использовать двигатель на высотных летательных аппаратах.

Разработанная версия двигателя предназначена для работы на автомобильных и авиационных бензинах с октановым числом от 91 до 98. Удельный расход топлива – 250 г/л.с. в час. Возможна доработка для возможности работы на авиационных бензинах с более высоким октановым числом. Заложенный в конструкцию двигателя потенциал позволяет в дальнейшем, при проведении дополнительных опытно-конструкторских работ, адаптировать данный двигатель для работы на авиакеросине.

Результаты стендовых испытаний

Первый опытный образец двигателя ЗК-2000 «Модуль-Д» был поставлен на испытательный стенд в марте 2022 года. В результате испытаний выявлены неисправности и недоработки двигателя:

1. Сгорел стартер двигателя (импортный). Длительные прокрутки при пробных запусках.
2. Заклинил редуктор привода от стартера к двигателю.
3. Из-за недостаточной подачи масла к узлам подшипника скольжения ползуна заклинили ползуны 4 и 2 цилиндров, что, в свою очередь, привело к задиру шейки коленвала в области нижней головки шатуна 2-го цилиндра.
4. Недостаточная пропускная способность впускного тракта не позволила выйти на обороты максимальной мощности.
5. Не получена расчетная компрессия вследствие недостаточной притирки поршневых колец к поверхности цилиндров.

По результатам технического состояния двигателя после испытаний и анализа причин неисправностей составлен укрупненный перечень необходимых доработок:

1. Доработать масляную систему двигателя.
2. Заменить иностранные комплектующие (стартер, генератор, масляный насос, топливный насос).
3. Достигнуть приемлемого ресурса двигателя до капитального ремонта (не менее 1 000 часов – на начальном этапе).
4. Улучшить технологичность изготовления деталей для снижения стоимости (переход от точеных и фрезерованных деталей к литью).
5. Разработать ГОСТы на технологические процессы модификации поверхности алюминиевых сплавов методом плазменно-электролитического оксидирования и на модифицированные рабочие поверхности.

Предложение инвесторам

Организация серийного производства авиадвигателей и получения сертификата типа на базовый двигатель ЗК-2000 «Модуль-Д» компанией ООО «ЗК-Мотор» невозможна в условиях ограниченного финансирования и отсутствия развитых производственных мощностей, поэтому принято решение о предложении крупным компаниям в РФ, имеющим интересы в области авиационного двигателестроения и самолетостроения, инвестировать в доработку и доведение авиадвигателя с последующим переходом прав на авиадвигатели на базе ЗК-2000 «Модуль-Д».

ООО «ЗК-Мотор» готово выступить в качестве центра прототипирования для оперативного изготовления и испытания двигателя, и доведения его до серийной технологии.

Для доработки, изготовления второго опытного экземпляра двигателя ЗК-2000 «Модуль-Д» и проведения испытаний на стенде необходимо не более 12 месяцев и 30 млн. рублей.

Компетенции компании

В ходе разработки и изготовления двигателя разработаны основы технологии производства деталей авиадвигателя, разработана и изготовлена технологическая оснастка для производства деталей, работает уникальное оборудование для формирования на поверхности деталей из алюминиевых сплавов функционального слоя Al_2O_3 по технологии плазменно-электролитического оксидирования.

Разработана и отлажена система впрыска и электронная система зажигания.

Компания имеет подтвержденный опыт в расчете и изготовлении винтомоторных групп.

На компанию зарегистрирован секрет производства (know-how) «Технология изготовления деталей из алюминиевого сплава Д16Т с твердым оксидным покрытием с применением ПЭО-модификации поверхностей подшипников коленчатого вала и рабочих поверхностей зубьев шестерни редуктора с учетом технологических припусков для финишной обработки» и товарный знак (знак обслуживания) «zkengine».

Получены патенты РФ № 2721325 «Мультироторная летающая платформа» и № 2781442 «Способ управления мультироторной летающей платформой». Правообладатели: ФГБУН Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения РАН и ООО «ЗК-Мотор».

Ядро команды проекта:

- Генеральный директор Ким Игорь Спартакович.
- Заместитель генерального директора - Главный конструктор д.т.н. Зверков Илья Дмитриевич.
- Главный технолог Ягофаров Олег Абубакирович.
- Конструктор-технолог к.т.н. Крюков Алексей Владимирович.
- Конструктор-технолог аспирант НГТУ Коновалов Илья Сергеевич.
- Конструктор-испытатель научный сотрудник ИТПМ СО РАН им. С.А. Христиановича Чехов Вячеслав Павлович.

Приложение: возможные варианты применения двигателя ЗК-2000

Ниже представлены краткий анализ состояния разработок авиационных поршневых авиадвигателей, не претендующий на полноту, и примеры возможного использования двигателя ЗК-2000 «Модуль-Д» и его модификаций на различных транспортных средствах.

Ситуация с авиационными двигателями внутреннего сгорания мощностью 200-400 л.с. в России

В настоящее время авиационные двигатели мощностью от 200 до 400 л.с. серийно в России не производятся. Проблема осознана в различных слоях авиационного сообщества и предпринимаются шаги к исправлению ситуации. Из доступных публикаций можно выделить несколько точек роста. Первая, это, безусловно, ЦИАМ им. Баранова. Отделом авиационных поршневых двигателей проведены исследования по определению потребностей в авиационных поршневых двигателях на период до 2035 года и ведутся работы по созданию разного типа двигателей [2]. Это классические четырехтактные поршневые двигатели, роторнопоршневые двигатели и турбокомпаундные силовые установки. Подробнее можно ознакомиться в работах [3, 4]. В том числе АПД-500 (500 л.с.) – V-образный 8-ми цилиндровый четырехтактный поршневой двигатель, создаваемый на основе серийного автомобильного двигателя от автомобиля «Аурус».

Вторая точка роста – это кафедра двигателей внутреннего сгорания Уфимского государственного Авиационного технического университета. В этом центре разрабатываются, как четырех-, так и двухтактные авиационные поршневые двигатели. Большое внимание этой группой уделяется задаче обеспечения многотопливности авиационного двигателя. Подробнее о результатах можно узнать в работах [5, 6].

Продолжаются работы по модернизации двигателя М-14П на Опытном конструкторском бюро моторостроения (ОКБМ, г. Воронеж) [7]. Еще один четырехтактный звездообразный двигатель разрабатывается в компании ООО «Промсервис» г. Истра [8]. Его конструкция родилась в результате аналитической работы [9].

Установка на самолет однодвигательный сухопутный

Двигатель ЗК-2000 «Модуль-Д» в базовом варианте предназначен для установки на самолет однодвигательный сухопутный. Это может быть пилотажный одноместный самолет, прогулочный двухместный самолет, учебно-тренировочный двухместный с взлетной массой до 1 500 кг. Например, Ил-103 (Рис. 4).



Рис. 4. Самолет Ил-103 под двигатель ЗК-2000 «Модуль-Д»

Установка на двухдвигательный самолет-амфибию

Двигатель ЗК-2000 «Модуль-Д» в базовом варианте в количестве 2 штук может устанавливаться на самолет-амфибию взлетной массой до 2 500 кг. При этом для облегчения пилотирования самолета двигатели могут быть сделаны с правым и левым вращением винта. В качестве примера самолета пригодного для установки такого двигателя можно привести Л-72 (Рис. 5).



Рис. 5. Самолет Л-72 под два двигателя ЗК-2000 «Модуль-Д»

Установка на пилотажный самолет спаренного двигателя ЗК-4000 «Спарка»

Двигатель ЗК-2000 «Модуль-Д» конструктивно можно соединить парой с другим таким же двигателем в одну силовую установку. В таком виде его можно устанавливать на двухместные пилотажно-спортивные самолеты. Например, на самолет типа Як-52 (Рис. 6).



Рис. 6. Самолет Як-52 под спаренный двигатель ЗК-4000 «Спарка»

Двигатель ЗК-2000 модуль-Д подвергается незначительной модернизации. У него заменяются выходные валы и два двигателя стыкуются вместе (Рис. 7).

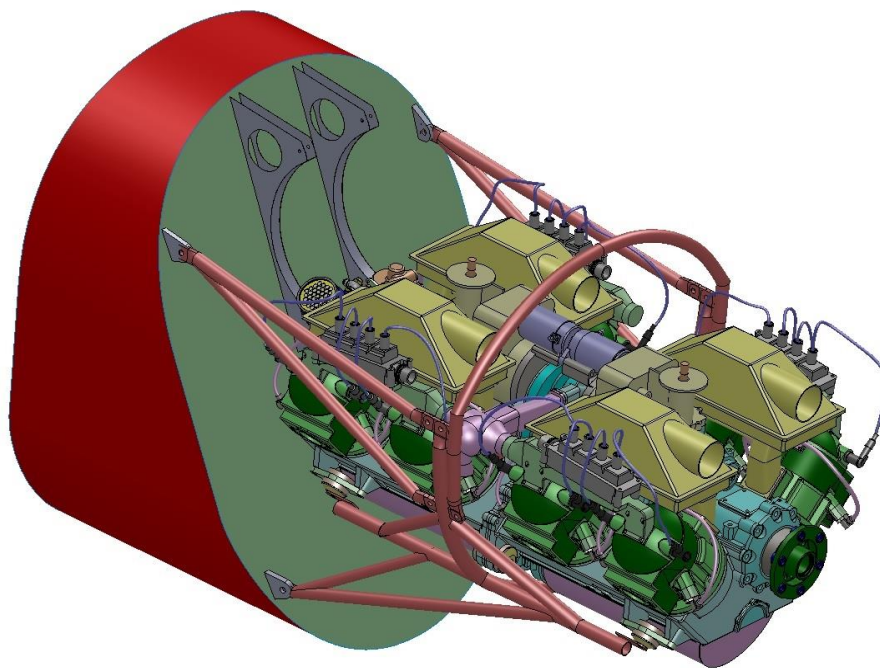


Рис. 7. Эскизная компоновка Двигателя ЗК-4000 «Спарка» на передней части фюзеляжа Як-52

При синхронизации выходных валов силовая установка может быть заявлена как однодвигательная. Выходные валы могут быть выведены в одну сторону – вал внутри вала или в противоположные стороны. Вращение выходных валов может быть в одну сторону или в противоположные стороны.

Установка двух двигателей ЗК-4000 «Спарка» на пассажирский самолет

Два двигателя ЗК-4000 «Спарка» позволят поднять в воздух пассажирский скоростной высотный самолет взлетной массой до 3 000 кг, который может использоваться как воздушное такси. Например, Piper Seneca PA34 (Рис. 8). =



Рис. 8. Самолет Piper Seneca PA34 под два спаренных двигателя ЗК-4000 «Спарка»

Возможна установка двух двигателей ЗК-4000 «Спарка» на перспективный самолет местных воздушных линий (МВЛ), который может быть разработан на основе Ан-14 «Пчелка» (Рис. 9). Общий вид перспективного самолета МВЛ был предложен к разработке конструктором Голубовским Е.В., в двух вариантах (рис. 10, 11). Демонстрируется в данном предложении с его согласия.



Рис. 9. Самолет Ан-14 «Пчелка»

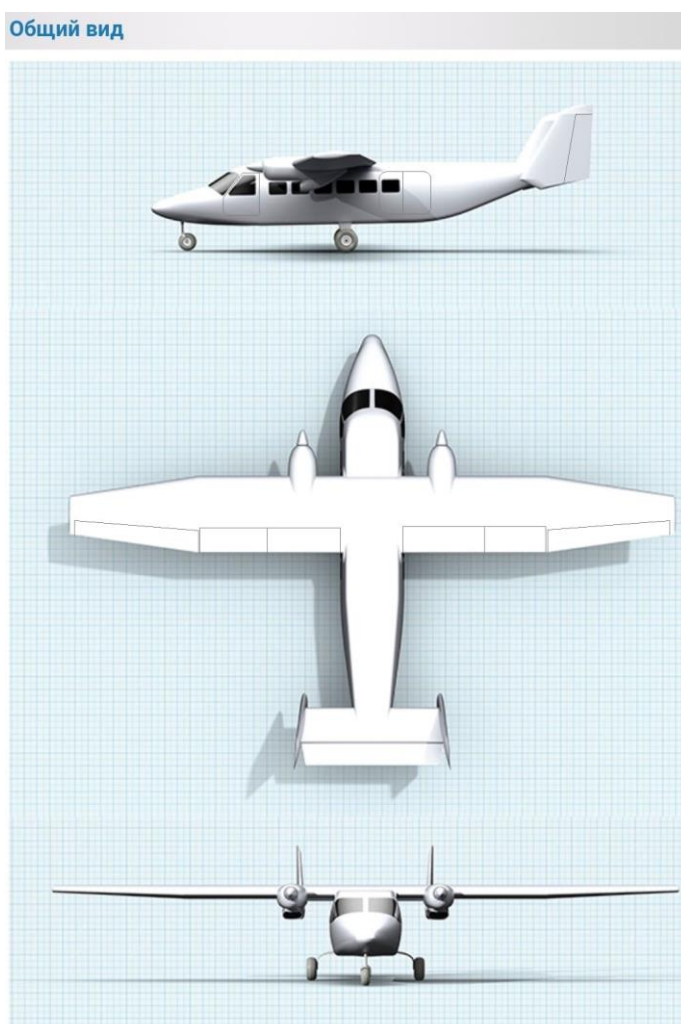


Рис. 10. Возможный вид самолета МВЛ на основе Ан-14 «Пчелка» (Голубовский Е.В., вариант 1)

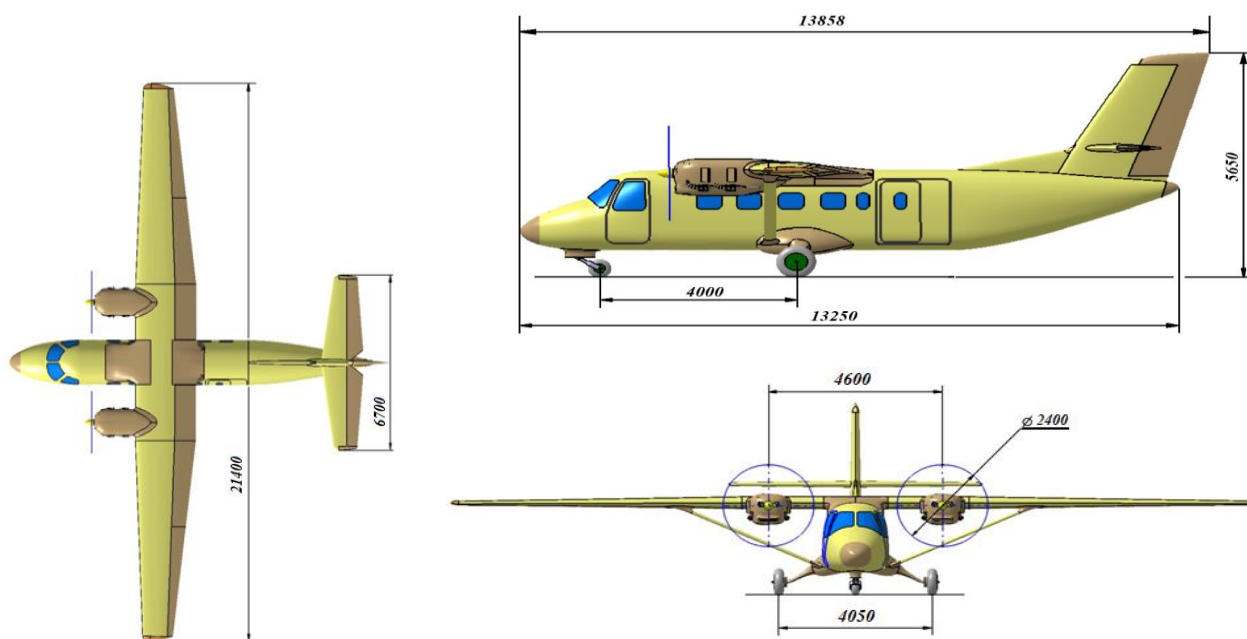


Рис. 11. Общий вид самолета МВЛ (Голубовский Е.В., вариант 2)

Возможные летно-технические характеристики перспективного самолета МВЛ приведены с согласия Голубовского Е.В. (вариант 1) в Таблице 2.

Таблица 2.

Лётно-технические данные

Пассажировместимость, чел	12
Длина, м	13
Размах крыла, м	20
Площадь крыла, м ²	39
Взлетный масса самолета нормальная, кг	4800
Взлетный масса самолета максимальная, кг	5100
Масса коммерческой нагрузки, кг	
- нормальная	1200
- максимальная	1500
Длина разбега, м	300
Длина пробега, м	400
Крейсерская высота полета, м	до 4000
Максимальная скорость у земли, км/ч	280
Максимальная скорость (H=3000м), км/ч	300
Дальность полета (с АНЗ на 45 минут полета, V=250 км/ч, H=3000м)	
- с коммерческой нагрузкой 1200 кг:	1200
- максимальная (перегоночная)	2000

Летно-технические характеристики самолета МВЛ (вариант 2) показаны в Таблице 3.

Таблица 3.

Показатели	Значения
Пассажировместимость	10-12 чел.
Длина самолета	13,85 м
Размах крыла	21,4 м
Площадь крыла	38 м ²
Взлетная масса (норм.)	4 850 кг
Взлетная масса (макс.)	5 100 кг
Масса снаряженного самолета	2 850 кг
Масса пустого самолета	2 600 кг
Масса коммерческой нагрузки (норм.)	1 200 кг
Масса коммерческой нагрузки (макс.)	1 500 кг
Максимальная скорость полета (на высоте Н=3000 м)	300 км/ч
Максимальная высота полета	4 500 м
Дальность полета (с АНЗ на 45 мин. полета, V _{кр.} =250 км/ч, Н=3000 м), с коммерческой нагрузкой 1200 кг	1 100 км
Перегоночная дальность полета	1 700 км
Запас топлива (макс.)	1 760 л
Длина разбега	250 м
Длина пробега	350 м

Установка двигателя ЗК-2000 «Модуль-Д» с компенсирующим наддувом

На двигатель ЗК-2000 «Модуль-Д» предусмотрена установка компенсирующего наддува. Это позволит его эксплуатировать до высот 10 000 метров. Расчет потери мощности с высотой для наддувной и безнаддувной версии приведен на (Рис. 12).

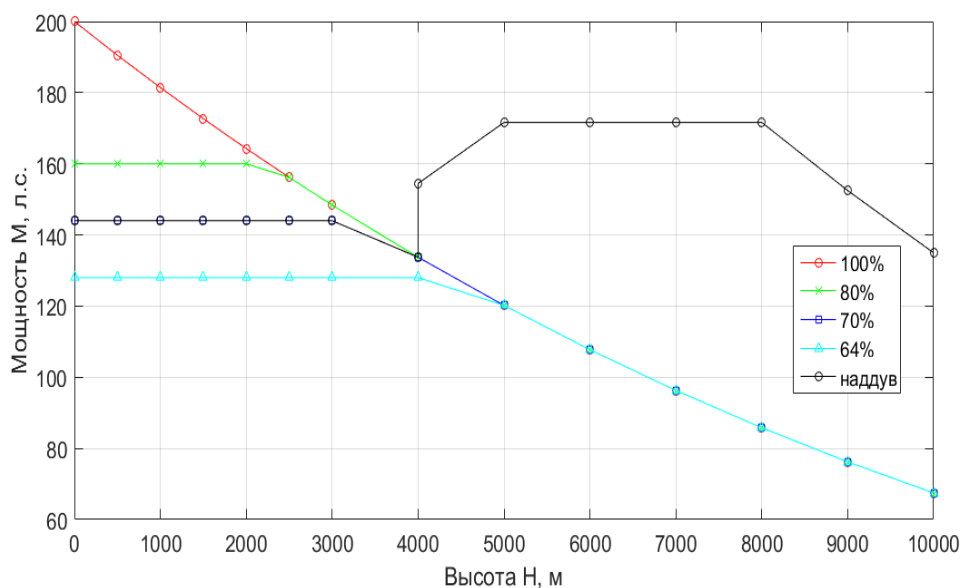


Рис. 12. Расчет мощности авиадвигателя ЗК-2000 «Модуль-Д» с установленным наддувом

По массогабаритным характеристикам ЗК-2000 «Модуль-Д» подходит на российский БПЛА «Орион» (Рис. 13).



Рис. 13. БПЛА Орион под высотную версию ЗК-2000 «Модуль-Д»

Установка ЗК-2000 «Модуль Д» на легкие вертолеты

Двигатель ЗК-2000 «Модуль-Д» без переделок может длительно работать в вертикальном положении, что позволяет его применить в качестве силовой установки для вертолета взлетной массой до 650 кг. Например, Робинсон R22 или Орлан 2 (Рис. 14).



Рис. 14. Вертолет «Орлан 2» под версию ЗК-2000 «Модуль-Д» с вертикальным валом

Двигатели ЗК-4000 «Спарка» могут рассматриваться в качестве силовой установки для вертолета Ка-26 (Рис. 15).



Рис. 15. Вертолет Ка-26 под версию двигателей ЗК-4000 «Спарка».

Установка ЗК-2000 «Модуль Д» на аппараты на воздушной подушке и аэрогиссеры

Двигатель в базовом исполнении может устанавливаться в качестве маршевого двигателя на аппараты на воздушной подушке грузоподъемностью до 1 000 кг (Рис. 16).



Рис. 16. АВП под наземную версию ЗК-2000 «Модуль-Д»

Установка ЗК-2000 «Модуль Д» на аэросани

С помощью двигателя ЗК-2000 «Модуль Д» можно возродить уникальный и эффективный вид транспорта для Крайнего Севера. Например, на базе алюминиевых аэросаней советской разработки Ка-30 (Рис. 17).



Рис. 17. Аэросани Ка-30 под наземную версию ЗК-2000 «Модуль-Д»

Создание ячейки мультироторной платформы на базе ЗК-4000 «Спарка»

Основой мультикоптера является роторная ячейка с крупной обечайкой, которая показана на Рис. 18.

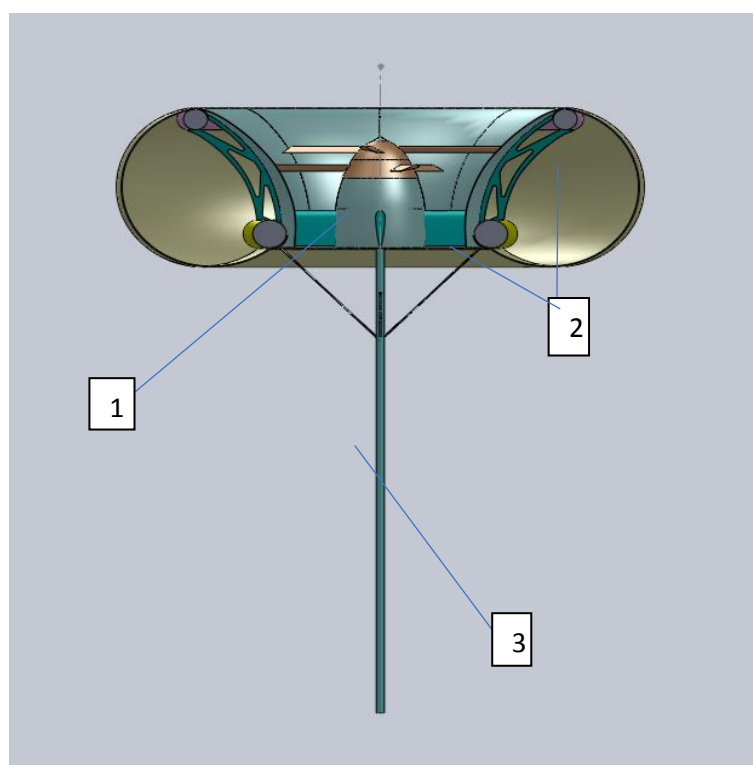


Рис. 18. Роторная ячейка с крупной обечайкой

Цифрами обозначены основные узлы роторной ячейки: 1 – ступица, в которой расположен двигатель ЗК-4000 «Спарка»; 2 – крупная обечайка, которая рассчитана на основе фундаментальных исследований «Изучение отрывных течений при обтекании крупной обечайки роторной ячейки мультироторной платформы», выполненных ИТПМ СО РАН; 3 – мачта, которая обеспечивает крепление необходимого количества винтомоторных ячеек к несущей платформе и безопасность эксплуатации системы для обслуживающего персонала.

Предлагается создание линейки мультикоптеров, оснащенных основными двигателями ЗК-4000 «Спарка»; и электромоторами для управления платформой. Полезная грузоподъемность таких мультикоптеров от 2 до 20 тонн. Диапазон скоростей 0-100 км/час. Высота полета до 3000 метров. Мультикоптеры предлагается создавать в пилотируемом и беспилотном вариантах.

Комплект поставки самого малотоннажного, 2-тонного мультикоптера, предполагает систему хранения, транспортировки и эксплуатации в двух/трех алюминиевых контейнерах: в одном находится собственно мультикоптер в транспортном положении, в другом – блок энергоснабжения, управления и бытовой блок, каждый из которых может быть перемещен самим мультикоптером после приведения его в рабочее состояние. При необходимости комплект дооснащается разборной алюминиевой посадочной площадкой.

Общий вид мультикоптера грузоподъемностью 20 тонн представлен на Рис. 19.

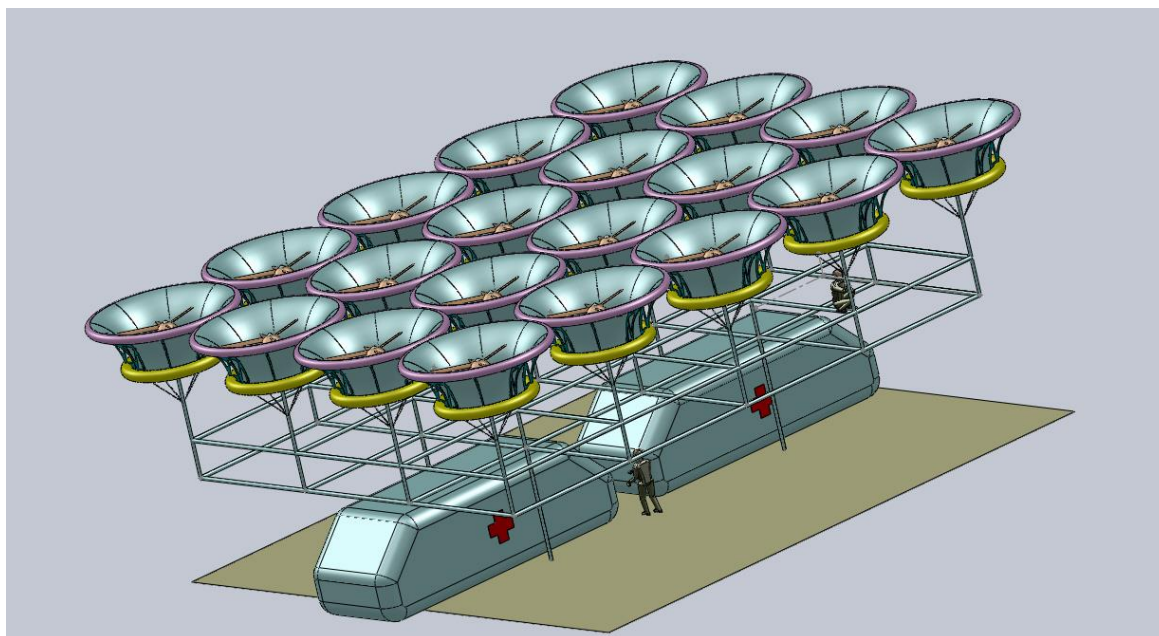


Рис. 19. Общий вид мультироторной летающей платформы полезной грузоподъемностью 20 тонн

Возможное применение таких мультикоптерных систем:

МЧС – спасание людей из высотных зданий при пожарах и летающая пожарная машина, которая сможет тушить здания на любом уровне этажности. На сегодняшний день не существует систем спасания людей из окон многоэтажных зданий, только вертолетами с крыш.

Скорая медицинская авиамощь – мультикоптер безопаснее вертолета при использовании в городской застройке за счет меньших габаритов и установленной защиты вращающихся винтов, в нашей конструкции винты не только ограничены защитой, но и подняты на высоту не менее 3 метров, что повышает безопасность использования в городской застройке. Исключается потеря времени в городских пробках и сокращается длина пути до места назначения.

Грузовое транспортное средство – доставка грузов/людей в труднодоступные пункты назначения в условиях Сибири, Крайнего Севера, гористой местности, на острова (в том числе система доставки «корабль – берег»), страны Юго-Восточной Азии.

Авиахимработы – обработка от сорняков, вредителей, внесение удобрений. Преимущества по сравнению с самолетами: безопасность – за счет возможности проводить обработку на малой скорости, точность по границам и дозе обработки заданных участков – за счет низкой высоты обработки (1-2 метра), экономичность – за счет меньших эксплуатационных расходов и грузоподъемности. Примерный вид такой системы приведен на Рис. 20.

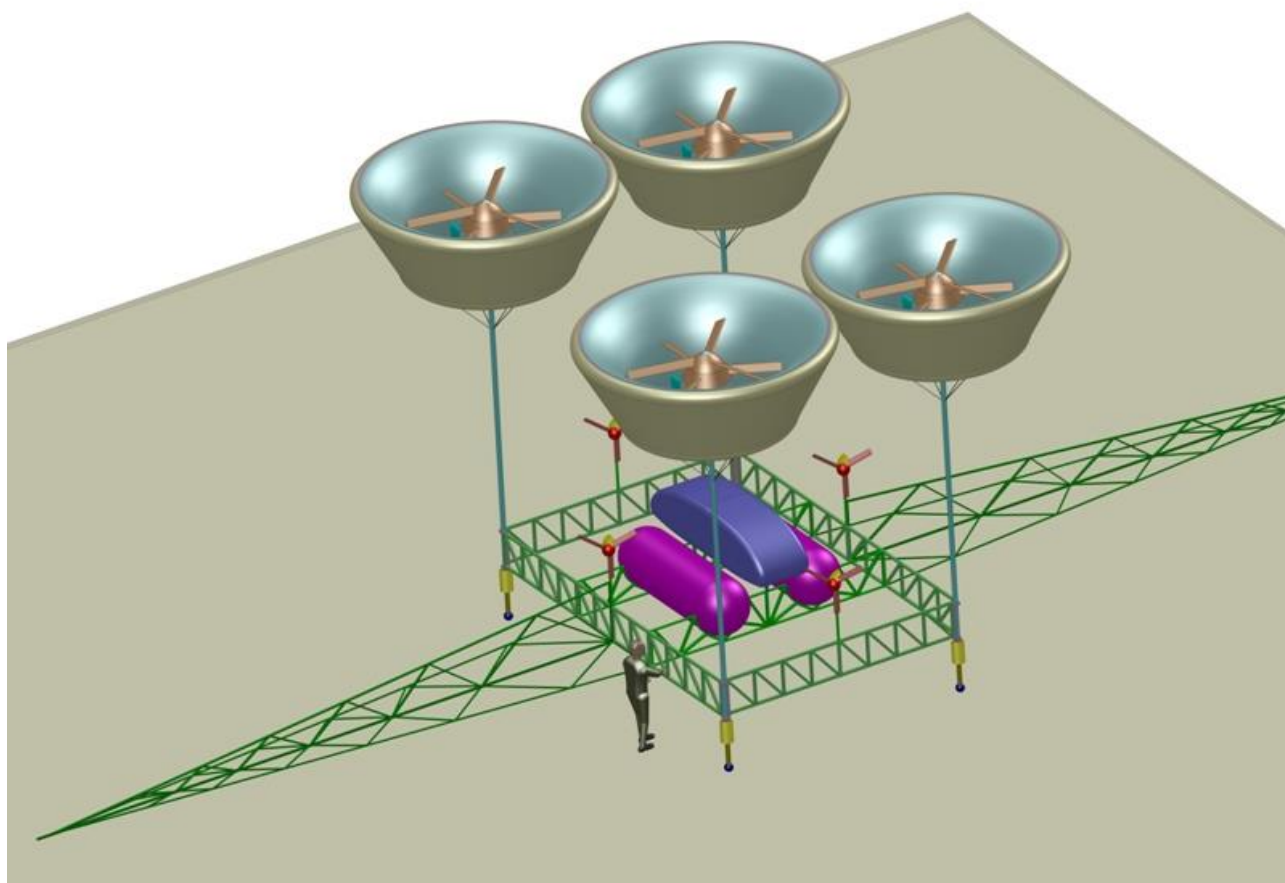


Рис. 20. Общий компоновочный вид мультироторной платформы для авиахимработ

Применение таких систем позволит увеличить производительность, повысить точность и снизить себестоимость авиахимработ, а также исключить риск причинения вреда здоровью летчику – оператору и повысить безопасности эксплуатации.

Каждая из описанных областей имеет еще подразделы для использования двигателя «Модуль-Д», но дальнейшее развитие темы становится целесообразным с началом серийного выпуска базового двигателя и, таким образом, снижения его стоимости для конечного потребителя. Именно это делает целесообразным дальнейшее развитие модификаций двигателя для узких сегментов использования. Поэтому, первоочередной задачей компания ООО «ЗК-Мотор» видит в постройке и тестировании опытных образцов авиадвигателя ЗК-2000 «Модуль-Д».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зверков И.Д., Коваль Н.А., Рогов А.Б. Внедрение технологии плазменно-электролитического оксидирования в разрабатываемый авиационный поршневой двигатель // Сборник докладов XI конференции по амфибийной и безаэродромной авиации «Гидроавиасалон – 2016» (Геленджик, 23-24 сентября, 2016.). г. Москва, 2016 г. С. 186–191.
2. Костюченков А.Н., Минин В.П. Работы ЦИАМ в обеспечение создания НТЗ в области авиационных поршневых двигателей // Сборник тезисов докладов Всероссийской научно-технической конференции «Авиадвигатели XXI века» (г. Москва, 24-27 ноября 2015 г.). С. 64-67.
3. Костюченков А.Н., Финкельберг Л.А. Повышение эффективности перспективных авиационных поршневых двигателей // Сборник тезисов докладов симпозиума НТКД-2018 (г. Москва, 4-6 апреля 2018 г.). С. 282-284.
4. Филькенберг Л.А. Авиационные поршневые двигатели XXI века// Интервью 7 декабря 2017 г. URL: <http://www.ciam.ru/press-center/interview/aviation-piston-engines-of-the-xxi-century/>.
5. Еникеев Р.Д. Семейство перспективных авиационных поршневых двигателей АПД-УФА // доклады конференции «Технические концепции и проекты создания авиационных двигателей для малой и региональной авиации» (г. Москва, 3 ноября 2017 г.).
6. Еникеев Р.Д., Борисов А.О. Перспективные методы регулирования двигателей внутреннего сгорания. Учебное пособие. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2009. – 110 с.
7. Байрамов Р.С. Перспективы развития двигателей серии М14 // 24.03.14 URL: <https://okbm.ru/Publ/Articles.pdf>.
8. Бабенко Э.Б. Преимущества и недостатки нижнеклапанной компоновки авиационных поршневых радиальных двигателей на примере двигателя «РИТМ» мощностью 200 л.с.// Сборник тезисов докладов симпозиума НТКД-2018(Москва, 4-6 апреля 2018г.). - Москва, 2018.– С. 282–284
9. Бабенко Э.Б. Поршневые авиационные двигатели. Анализ современного состояния // Истринский авиатор, 8/2, 2009 г. URL: <http://www.istra.aero/node/55>.
10. Зверков И.Д., Ким И.С. Перспективная винтомоторная установка на базе поршневого двигателя ЗК-2000 «МОДУЛЬ-Д» // Материалы Круглого стола «Совершенствование рабочего процесса силовых установок». (ВУНЦ ВВС им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина), г. Воронеж, 2019 г.