

На основании поручения Президента Российской Федерации В.В. Путина поставлена задача АО «ОДК» к 2023 году разработать перспективный авиационный двигатель ПД-8 тягой 8 тонн с повышенными тактико-техническими характеристиками с целью импортозамещения французского двигателя SAM-146 авиалайнера Sukhoi Superjet NEW и украинского двигателя Д-436ТП самолета-амфибии Бе-200. При этом производство деталей и сборка двигателей должно быть организовано на территории Российской Федерации из отечественных высококачественных материалов по российским современным технологиям. Учитывая сложную международную обстановку, проведение специальной военной операции и введение западными странами самых «жестких» санкции против нашего государства, данная задача приобрела критическую степень важности и актуальности.

Создание современных ГТД во многом зависит от применяемых конструкционных материалов, обеспечивающих в эксплуатируемых деталях требуемый ресурс работы. Для изготовления наиболее ответственных деталей двигателя ПД-8 – рабочих и сопловых лопаток турбины низкого и высокого давления (ТНД и ТВД), а также элементов заднего стоечного узла (ЗСУ) потребовалось разработка новых литейных жаропрочных никелевых сплавов, соответствующих всем необходимым требованиям, установленным конструкторской документацией.

Авторским коллективом разработано пять новых литейных жаропрочных никелевых сплавов. Сплавы ВЖМ12 и ВЖМ200 предназначены для литья рабочих лопаток с монокристаллической и направленной (столбчатой) структурами, работоспособных до температур 1100 и 1000 °С соответственно, сплав ВЖЛ125 – для литья блоков соплового аппарата с поликристаллической равноосной структурой, работоспособных до температуры 1000 °С. По совокупности механических, эксплуатационных, технологических свойств и, что немаловажно, по стоимости данные материалы, не уступают, а по отдельным характеристикам превосходят отечественные и зарубежные сплавы аналогичного назначения (рис. 1). Сплавы ВЖЛ220 и ВЖЛ718 с рабочими температурами 750 и 650 °С соответственно предназначены для литья корпусных деталей (вершин и втулок ЗСУ) данного двигателя. Материалы такого класса – литейные

жаропрочные никелевые сплавы, упрочненные γ'' -фазой на основе Ni_3Nb и обладающие высокой свариваемостью, в России разработаны и паспортизованы впервые.

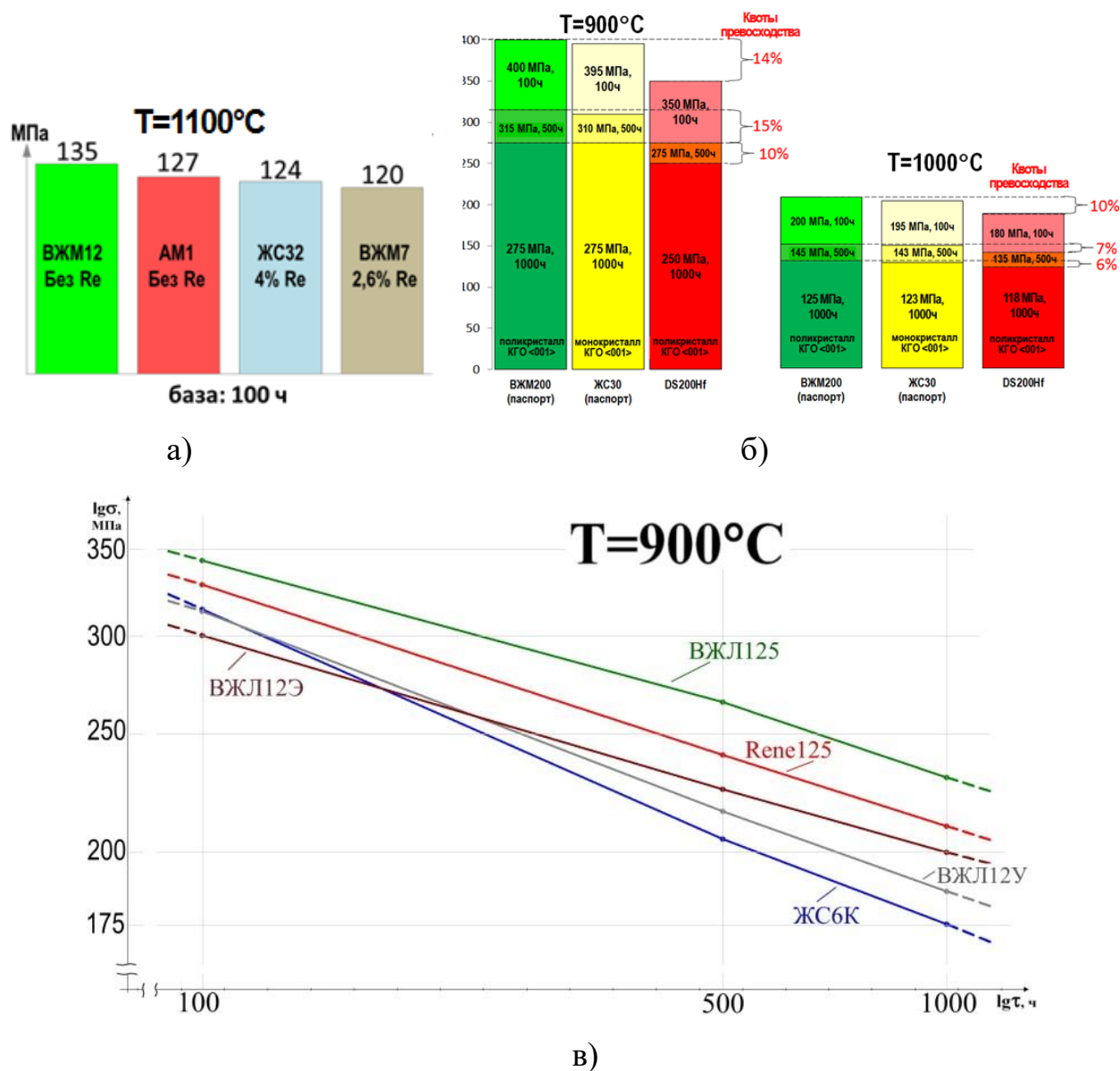


Рис. 1 Преимущества по длительной прочности новых импортозамещающих жаропрочных никелевых сплавов над отечественными и зарубежными сплавами аналогичного назначения: а) сплав ВЖМ12; б) сплав ВЖМ200; в) сплав ВЖЛ125

Усовершенствование химических составов литейных жаропрочных никелевых сплавов за счет микролегирования редкими, редкоземельными и щелочноземельными элементами и разработка новой технологии их вакуумной индукционной плавки позволили получить в сплавах стабильность химического состава в узких интервалах легирования, ультранизкое остаточное содержание вредных примесей, повышенный уровень механических свойств и длительной

прочности в сравнении с зарубежными и отечественными сплавами аналогичного назначения, что обеспечит увеличение ресурса работы турбинных лопаток и корпусных деталей в составе двигателя ПД-8.

Качество разработанных сплавов по стабильности химического состава, остаточного уровня вредных примесей и механических свойств не уступает качеству сплавов-аналогов ведущих мировых производителей (таблицы 1 и 2).

Таблица 1 Стабильность химических составов сплавов российских и зарубежных производителей

| Производитель сплавов | Металлургические заводы РФ | НИИ «Курчатовский институт» - ВИАМ | | Зарубежные фирмы Cannon Muskegon, HOWMET LTD |
|--|----------------------------|------------------------------------|--|--|
| Сплавы | ЖС6У, ЖС6К, ВЖЛ12У и др. | ВЖМ4, ВЖМ5 и др. | ВЖМ12, ВЖМ200, ВЖЛ125, ВЖЛ220 и ВЖЛ718 | AM1, DS200 Hf, Rene125, Rene220, IN718c |
| Отклонение ЛЭ от оптимального химического состава, % масс. | $\pm (0,3 \div 0,7)$ | $\pm (0,2 \div 0,25)$ | $\pm (0,1 \div 0,15)$ | $\pm (0,1 \div 0,15)$ |

Таблица 2 Остаточное содержание вредных примесей и газов в сплаве ВЖМ200 и зарубежных сплавов-аналогов DS200 Hf (HOWMET LTD (Англия) и MAR M200+Hf (Cannon-Muskegon corp. (США)

| Сплав | Место производства сплава | Место анализа | Кол-во плавок, шт | Содержание примесей, ppm | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------------------|---------------|-------------------|--------------------------|-------|---------|----------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|-------|-------|
| | | | | Fe | Mn | Si | Cu | P | S | Ag | Se | Pb | Bi | Te | Tl | O | N |
| ВЖМ200 | ВИАМ (Россия) | | 4 | 90 – 130 | 2 – 9 | 40 – 60 | ≤ 2 | 3 – 5 | 1 – 8 | <0,9 | <0,7 | <0,1 | <0,1 | <0,2 | <0,1 | 6 – 8 | 3 – 4 |
| MAR M200+Hf | Cannon Muskegon Corporation (США) | ВИАМ (Россия) | 1 | 140 | 1 | 42 | 2 | 5 | 6 | <0,4 | <0,2 | <0,05 | 0,1 | <0,1 | <5 | 13 | 3 |
| DS200 Hf | HOWMET LTD (Великобритания) | | 6 | 100 – 1400 | <100 | <200 | <100 | <20 | <10 | <1 | <1 | <1 | <0,1 | <0,5 | <0,2 | – | – |
| Спецификации фирм Cannon Muskegon Corporation и HOWMET LTD, не более | | | | 2500 | 2000 | 2000 | 1000 | 150 | 100 | 5 | 5 | 5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | – | – |

Проектирование, изготовление и поставка пяти вакуумных индукционных печей УВНК-11 позволили организовать в ПАО «ОДК-Сатурн» новый участок литья лопаток с направленной и монокристаллической структурами (рис. 2) и выполнить ряд опытно-конструкторских работ, включающих моделирование ДСЕ, отработку технологических режимов литья, термической и механической

обработки отливок деталей, а также разработку нормативно-технической документации на изготовление и контроль ДСЕ двигателя ПД-8.



Рис. 2 Цех №41 ПАО «ОДК-Сатурн», новый участок литья лопаток с направленной и монокристаллической структурами

Работоспособность турбинных лопаток и корпусных деталей подтверждена успешными испытаниями 5 опытных двигателей ПД-8 на стендах ПАО «ОДК-Сатурн» и ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова», а также в составе летающей лаборатории Ил76-ЛЛ (рис. 3).



а)



б)

Рис. 3 Испытание опытных двигателей ПД-8: а) на стенде ПАО «ОДК-Сатурн»; б) в составе летающей лаборатории Ил76-ЛЛ

На основании результатов работы получено 5 Патентов РФ, подано 4 заявки на охраноспособное техническое решение, разработаны 5 комплектов стандартных образцов предприятий, 8 технических условий, 24 технологических инструкции, содержащие охраняемые объекты интеллектуальной собственности.

Создано современное литейное производство турбинных лопаток и корпусных деталей мощностью 600 тыс. отливок в год, организовано серийное производство новых импортозамещающих литейных жаропрочных никелевых сплавов и лигатур на участках мощностью 450 и 15 тонн в год соответственно, что обеспечило импортонезависимость и технологическую безопасность отечественного авиационного двигателестроения, организацию высокотехнологичных рабочих мест.

Турбинные лопатки и корпусные детали из новых импортозамещающих литейных жаропрочных никелевых сплавов внедрены в серийное производство двигателей ПД-8 на ПАО «ОДК-Сатурн». С 2023 года запланировано изготовление 6 серийных двигателей ПД-8. С 2024 по 2030 гг. в соответствии с комплексной программой развития авиационной отрасли РФ (Распоряжение Правительства РФ от 25.06.2022г №1693-р) планируется изготовление 308 двигателей (44 изделия в год).

С 2020 по 2022 год в НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ изготовлено 61,38 тонн сплавов и 1293 кг лигатур. Законтрактовано на 2023 год 58 тонн сплавов. С 2024 по 2030 гг. планируется изготовление 742 тонн сплавов (106 тонн/год).

С 2019 по 2022 год изготовлено продукции на сумму 772 098 тыс. руб., оценочный эффект от отчислений в бюджетную систему составил 159 550 тыс. руб. В 2023 год планируется изготовление продукции на сумму 3 794 899 тыс. руб., отчислений – 129 913 тыс. руб. С 2024 по 2030 гг. – 193 384 978 тыс. руб. и 3 039 771 тыс. руб. соответственно.

С 2020 по 2022 год в ПАО «ОДК-Сатурн» и НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ организовано 288 высокотехнологичных рабочих мест, в том числе ПАО «ОДК-Сатурн» - 259 мест, НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ – 29 мест.