

## **Конкурсная работа**

В номинации «За создание новой технологии»

В конкурсе «Авиастроитель года» по итогам 2024 года  
«Изготовление сетки защитной для авиадвигателя ВК650»

Москва 2025

## Содержание

1. Введение.....	3
2. Цель работы.....	4
3. Актуальность работы.....	5
4. Краткое описание работы.....	5
5. Результаты и практическая значимость работы.....	6
6. Заключение.....	12

## 1. Введение

Авиационная промышленность – это крупнейшая отрасль в России и мире, осуществляющая разработку и производство авиационной техники. Любой летательный аппарат тяжелее воздуха будь то самолёт и вертолёт невозможно представить без своего «сердца» – двигателя. Авиационные двигатели неотъемлемая часть авиационного производства. Авиадвигателестроение имеет, большую экономическую роль и стратегическое значение для государства. Современное авиадвигателестроение – это одно из наиболее перспективных направлений развития экономики нашей страны. Благодаря научным разработкам открываются новые технологии и способы изготовления, совершенство конструкций и увеличение производства.

Легкие вертолеты используются повсюду, такие машины не впечатляют своими размерами и характеристиками, но они много функциональны и доступны для массовой эксплуатации. К началу 21 века в России появились такие вертолеты как Ансат и Ка-226Т. Долгое время на данные вертолеты ставились импортные двигатели, первое время – это было не критично, использовалась мировая авиационная кооперация. Но к середине 2010 столкнулись с проблемами, что заставило обратить свое внимание на открытый рынок по изготовлению двигателей легкого класса в России.

Воздушно-реактивный авиационный двигатель, далее авиационный двигатель, состоит из корпуса, в котором размещён компрессор, камера сгорания, турбина, свободная турбина. Турбина обеспечивает работу компрессора, свободная турбина обеспечивает работу потребителя – несущего воздушного винта вертолёт или маршевого воздушного винта самолёта. Воздух в авиационный двигатель поступает через входное устройство. Входное устройство авиационного двигателя имеет защитное устройство – далее сетку защитную, которое предотвращает попадание твердых предметов и частиц в компрессор и далее в рабочий газодинамический тракт авиационного двигателя. Твердые частицы для вертолёт подбираются с площадки потоком воздуха от несущего воздушного винта. Попадание твёрдых частиц в компрессор и далее в газодинамический тракт авиационного двигателя может привести к катастрофическим последствиям.

Авиационные двигатели устанавливаются, как правило, в верхней части вертолёт, непосредственно под несущем, воздушным винтом. При взлёте, посадке и висении возможен захват и подъём с поверхности земли мусора и твердых частиц, а также в полете в условиях частичного обледенения- с дальнейшим попаданием в рабочий тракт авиационного двигателя. Защитные устройства предусмотрены конструкцией летательного аппарата (вертолёт) а

также на самом двигателе – перед входным устройством. В нашем случае - сетки защитной.

В 2018 году АО «ОДК-Климов» разработали своими силами турбовальный двигатель ВК-650В, он имеет взлетную мощность 650 л.с. ,в чрезвычайном режиме доходит до 750 л.с. Двигатель имеет одноступенчатый центробежный компрессор и противоточную кольцевую камеру сгорания. По экономичности расхода топлива, он превосходит многие зарубежные аналоги.

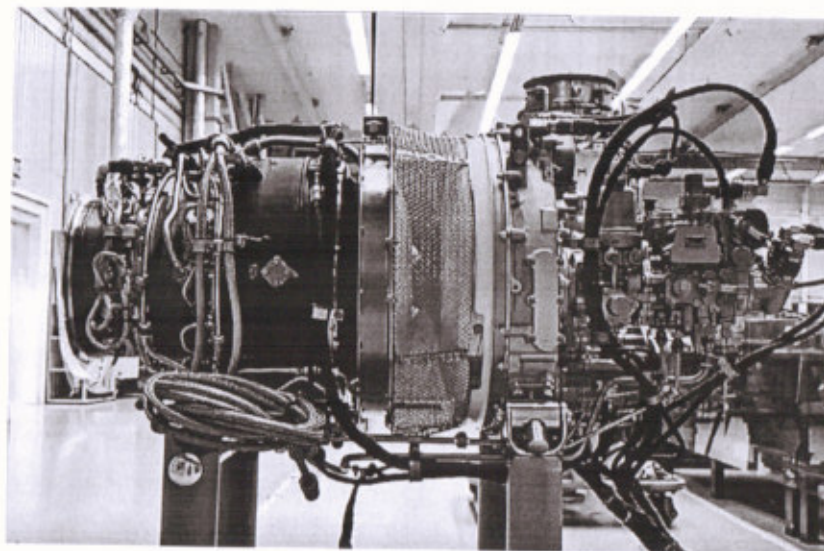


Рис. 1 (Фотография ВК-650В)

Освоение производства двигателя ВК-650В началось на АО «ММП имени В.В. Чернышева» в 2020 г. Благодаря цифровым двойникам запуск в производство двигателя произошел с меньшими затратами, что позволило в сжатые сроки произвести первые образцы для вывода на рынок нового авиадвигателя. В ходе освоения производства ВК-650В сотрудниками была предложена идея по улучшению конструкции и сокращению затрат на изготовление.

## 2.Цель работы

Цель настоящей работы: изменить, упростить конструкцию, а также технологию изготовления, снизить трудоёмкость изготовления, вес и стоимость сетки защитной.

Чтобы наши двигатели были более конкурентноспособные как на отечественном рынке, так и за рубежом.

### 3.Актуальность работы

Российская авиационная промышленность нацелена на выпуск конкурентно способных двигателей в разных категориях. В планах у России выпуск 80 вертолетов Ка-226Т до 2030 года, что говорит нам о необходимости их оснащения прежде всего российскими авиадвигателями. Таким образом, мы понимаем, что стоит высокий приоритет на выпуск российского двигателя ВК-650В.

Нашей промышленности необходимо стремиться к максимальной технологичности конструкции и снижению себестоимости изготовления. Разработка и серийный выпуск авиационных двигателей крайне сложная задача. Развитие производственной системы немыслимо без масштабной реализации проектов, направленных на непрерывное улучшение процессов проектирования и производства изделий.

Поэтому в нашей работе мы предлагаем улучшение конструкции «Сетки защитной», что позволит нам сократить время изготовления узла, уменьшить массу двигателя и сократить затраты на производство.

### 4.Краткое описание работы

В начале 2020 года на АО «ММП имени В. В. Чернышева» поступило задание на освоение производства нового двигателя ВК-650В. Освоение происходило в сжатые сроки, для незамедлительного выпуска двигателя на рынок. Авиационный двигатель ВК-650 на сегодняшний день является одним из самых востребованных для энергетических установок отечественных легких вертолётов. Оптимизация конструкции необходима как раз перед запуском серийного производства данного двигателя.

Сетка защитная, в существующей, оригинальной конструкции, представляет собой: пространственный каркас, образованный, собственно, сеткой и ограничивающими её по контуру деталями – всего 21 шт.

При изготовлении «Сетки защитной» серийной, существующей конструкции - было выявлено : ряд трудоёмких операций компоновки, правки и ручной сборки, большие потери времени происходили на дополнительные слесарные работы и перемещения между участками и цехами.

Предлагаемая нами конструкция, представляет собой отформованный перфорированный лист и фланец, соединённых между собой посредством контактной точечной сварки – состоит из 6 деталей.

Новая предлагаемая конструкция и технология изготовления сетки защитной имеет ряд преимуществ относительно существующей конструкции это, прежде всего, сокращение трудоемкости изготовления в 8,8 раз, экономия материала на 30% раз и меньший вес узла на 18%. Изготовление происходит в одном цеху без дополнительных перемещений и пролёживания.

Новая конструкция и технология изготовления сетки защитной – является актуальной и в целом может быть применена в конструкции авиадвигателя ВК-650 как эффективное решение, снижающее стоимость изделия.

### **5. Результаты и практическая значимость выполненных работ**

Существующая конструкция состоит из 21 деталей, общий цикл изготовления деталей составляет 384,108 н/м. В данные нормы изготовления не закладывается перемещение, время ожидания между выполнениями операций и отсутствует время на контрольные операции. Общий цикл сборки сетки защитной составляет 1076,85 н/м. Выполнение операций сборки происходит с большим трудом, требует привлечения высококвалифицированных рабочих, многие операции выполняются вручную, механизировать процесс для сокращения времени на изготовления не является возможным.

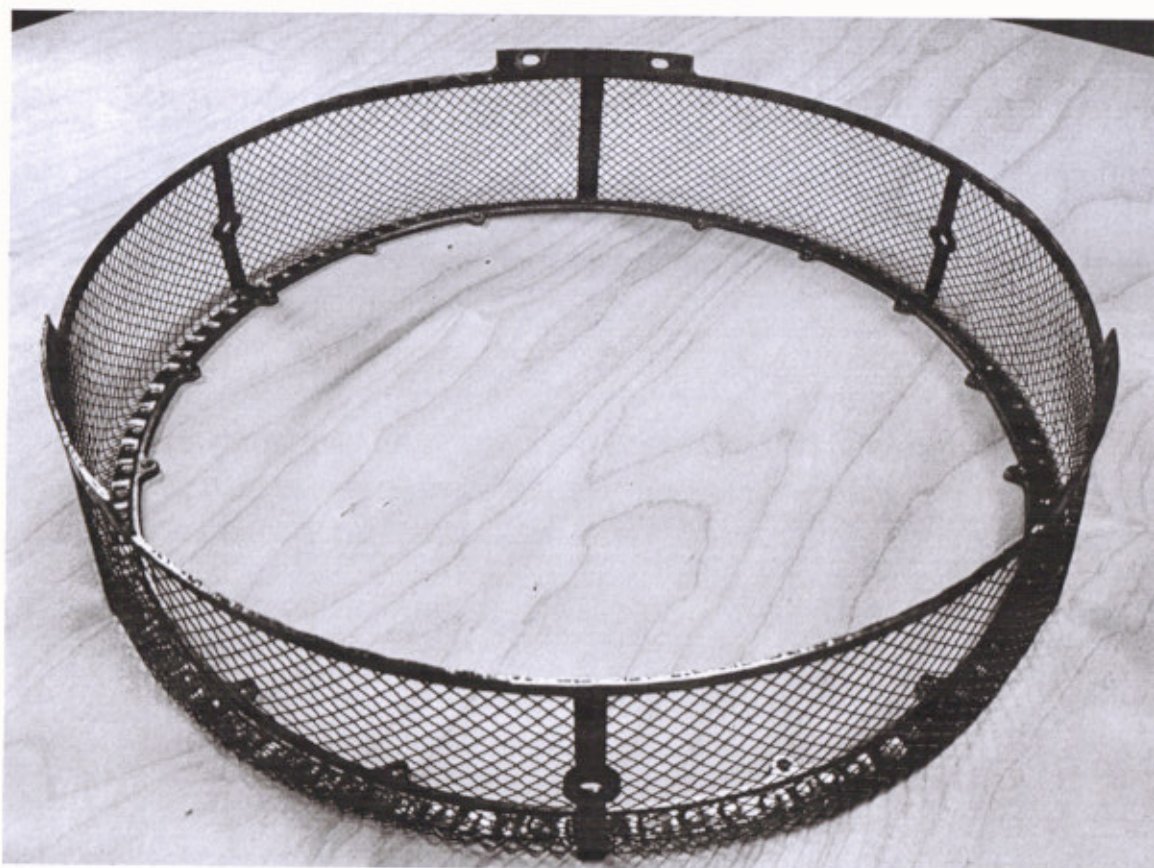


Рис. 2 (Фотография серийной сетки защитной, до разрезки)

Дело в том, что предложенная конструкция, на мой взгляд, не лишена недостатков, главным из которых считаю надёжность узла. Сетка обрамлена каркасом и скрепляется точечной сваркой, если рассмотреть место точки сварки подробно то видим пирог метал сетка метал, точек много и часто, контролировать соединение в каждом месте не представляется возможным то есть, есть место где соединение имеется, есть место где нет есть место где соединение попадает на сплетение сетки, в этом месте может быть перелом волокна, который с течением времени может привести к отламыванию кончика проволоки, который непременно полетит в рабочее колесо компрессора и таких кончиков может быть много. В лучшем случае это может привести к поломке и дефекту рабочей части компрессора, в худшем к отказу, хорошо, если это случится на стенде или на земле. И даже думать не хочется, что может произойти в воздухе. Другими словами надёжность этого узла вызывает сомнения. Трудоемкость и количество деталей, вес - тоже. Вижу конструкцию этого узла, состоящей из всего двух деталей: перфорированный лист и фланец, перфорация имеет форму 6-гранника, выполняется или лазерной вырезкой или вырубным штампом. Лист прикрепляется к фланцу точечной сваркой достаточным количеством мест, в моем случае 75. Выигрыш в количестве использованного материала, трудоемкости, весе, и главное надёжности в том плане, что узел получается единым.

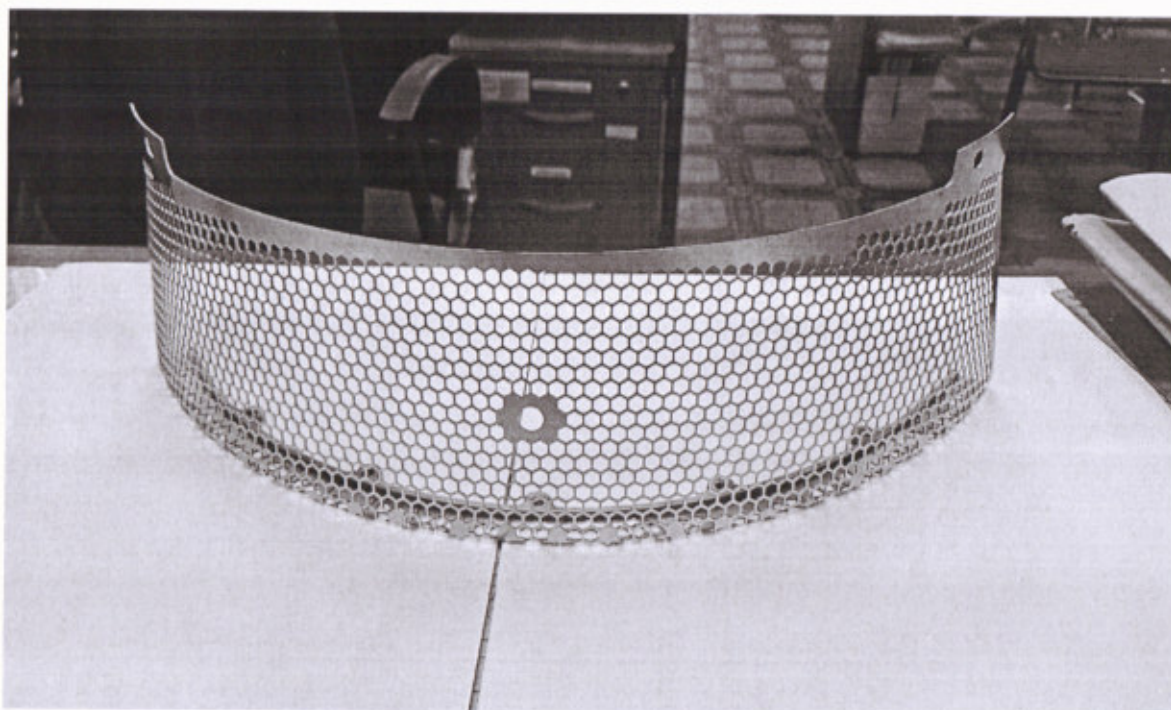
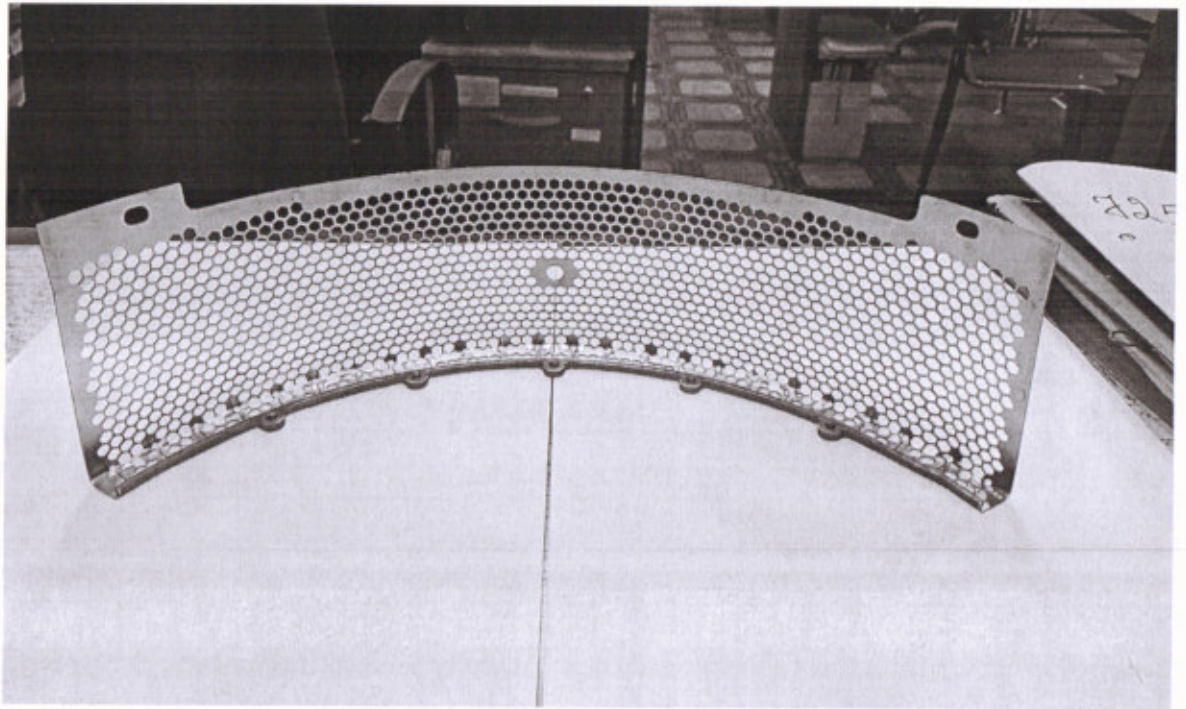


Рис. 3 (Фотография сетки новой конструкции)



**Рис. 4 (Фотография сетки новой конструкции)**

Новая, предложенная нами конструкция представляет собой отформованный перфорированный лист (сектор) и фланец, соединённые посредством контактной точечной сварки – состоит из 6 деталей. Общий цикл изготовления и сборки сетки защитной новой конструкции составляет 165 н/м.

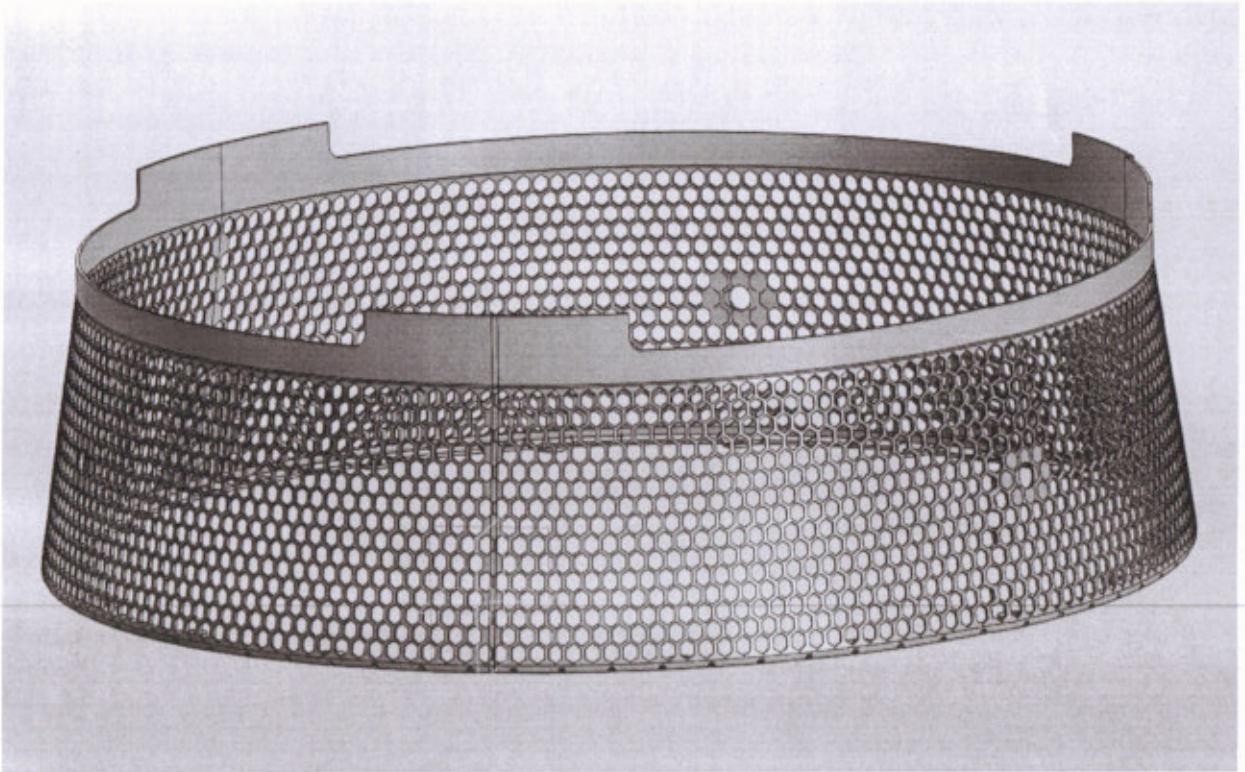
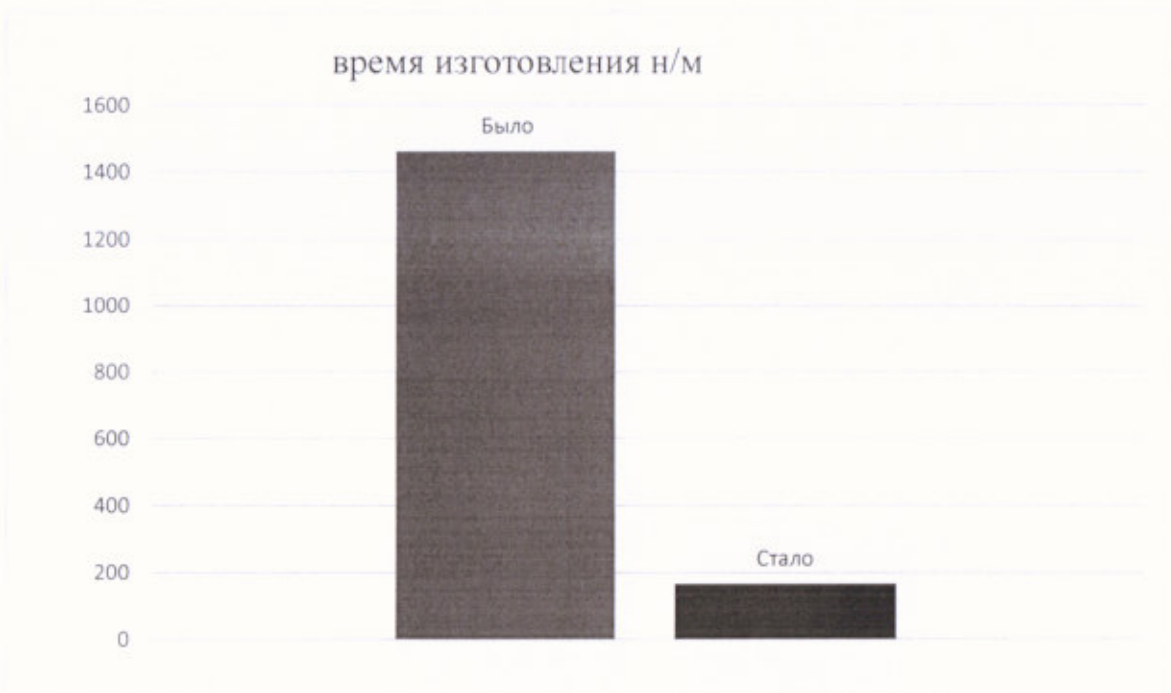


Рис. 5 (Модель сетки новой конструкции)

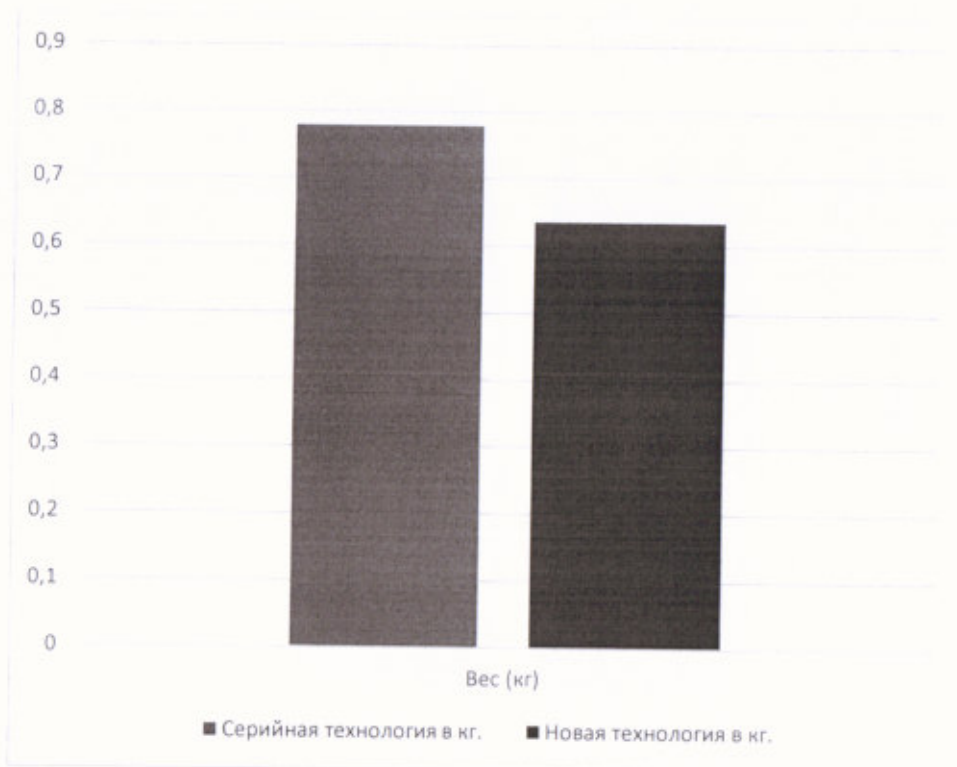


Трудоёмкость ниже в 8.8 раз.

Рис. 6 (Диаграмма трудоёмкости изготовления узлов)



Рис. 7 (Диаграмма коэффициента использования материала при изготовлении узлов)



Экономия 18%

Рис. 8 (Диаграмма экономии веса, узлов новой и серийной конструкции.)

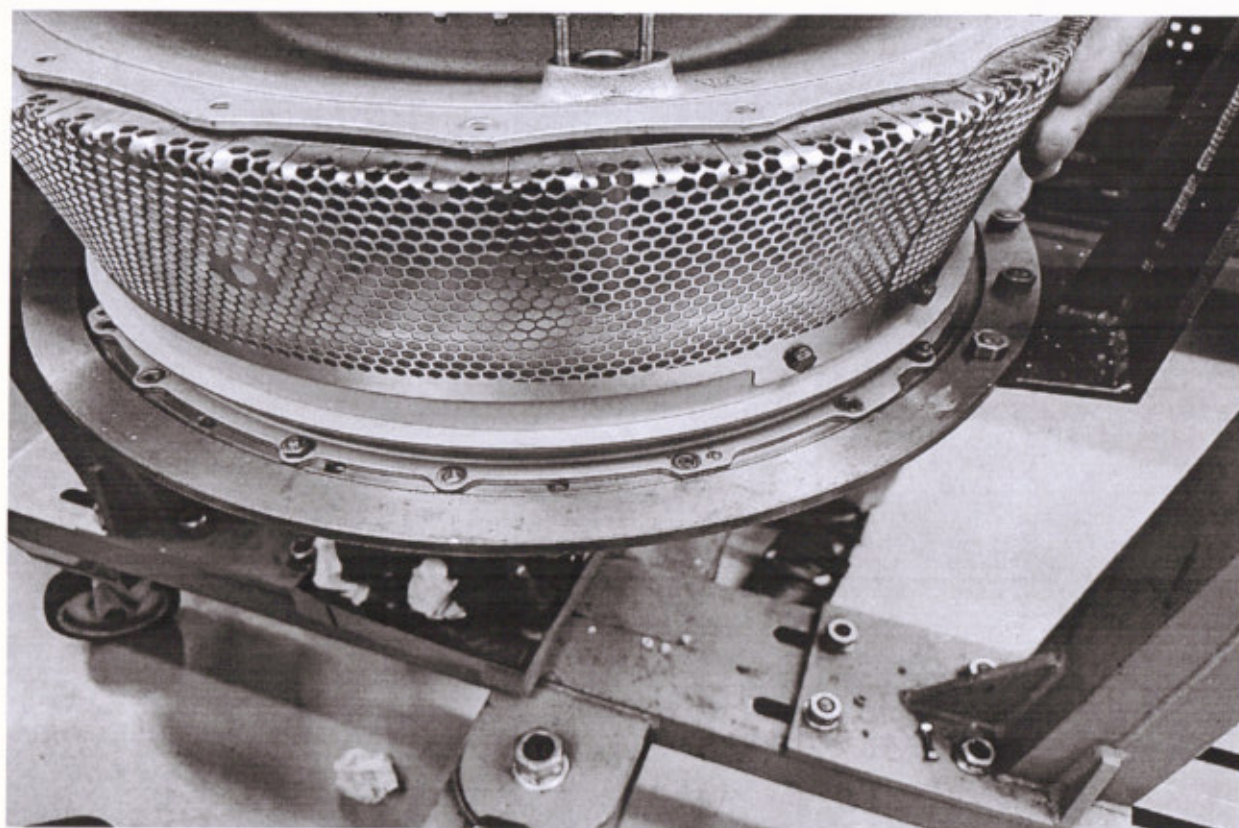
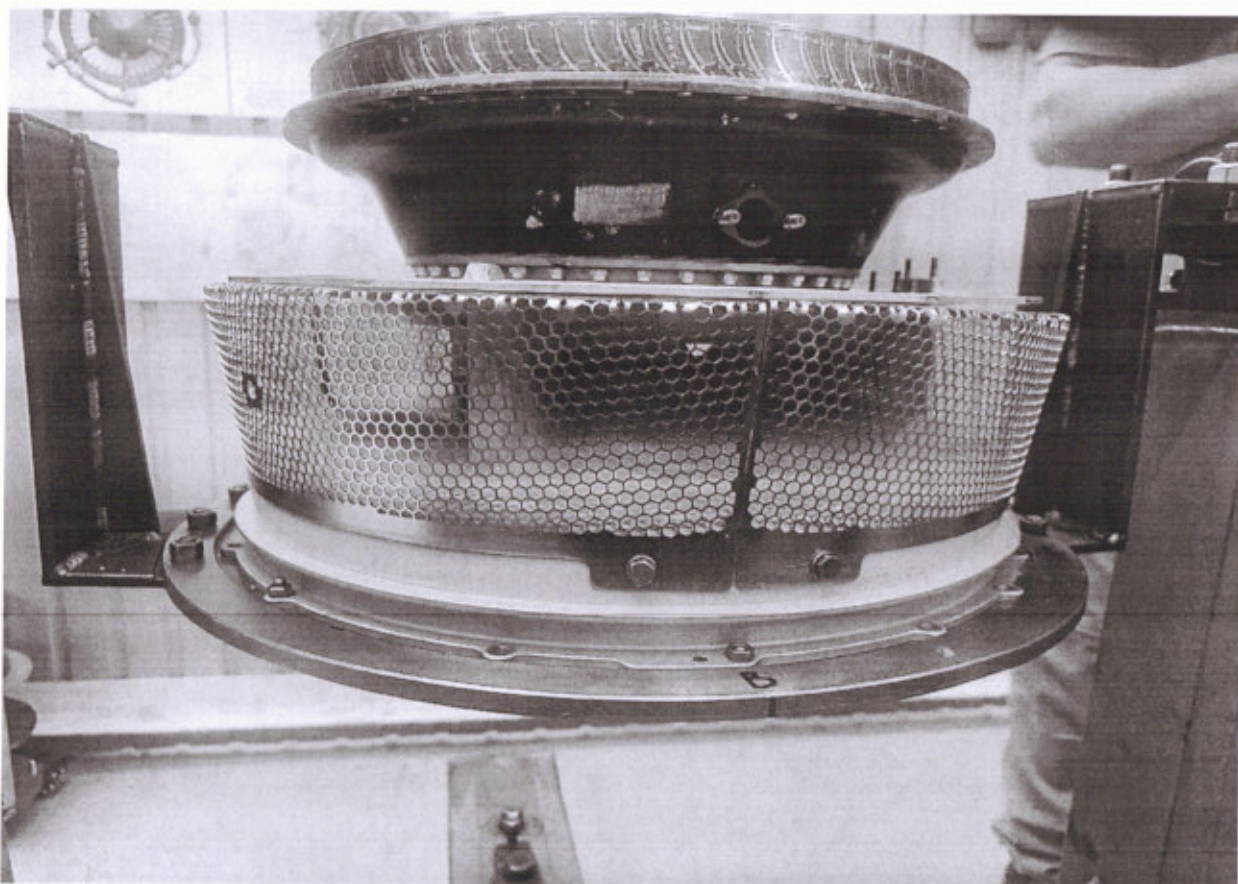


Рис. 9 (Примерка новой конструкции на двигатель)

Сводная таблица

Характеристики	Серийная технология	Новая технология	Экономия
Вес (кг)	0,779	0,636	18%
Трудоемкость (мин)	1461	165	в 8,8 раз
КИМ*100%	0,2241	0,31405	30%

### 6. Заключение:

При изготовлении нескольких комплектов сетки защитной новой конструкции было выявлено:

- Уменьшение количества расхода материала на 30%.
- Увлечение пропускной способности комплекса, за время потраченное на одну старую конструкцию, можно изготовить 9 новых.
- Уменьшение массы узла на 18%
- Увеличение надежности конструкции, за счет жесткости перфорированного листа.

Результаты проделанной работы по изготовлению новой защитной сетки подтвердили, что применение новой конструкции целесообразно. Происходит высвобождение производственных мощностей. Отсутствует необходимость в изготовлении и обслуживании оснастки на входящие детали серийной конструкции, что экономит нам время на подготовку производства, так и средств на изготовление дублеров средств технического оснащения и их ремонт. Задействуется наименьшее количество цехов, что многократно снижает время пролёживания детали между операциями и сокращается

логистика. Снизился ручной труд, за счёт механизации процесса, отсутствует постоянная правка детали (из-за упругих свойств сетки).

Новая, предложенная нами, конструкция позволяет сократить производственный цикл изготовления и себестоимость как узла, так и авиационного двигателя в целом.

Автор:

Прокопенко А.В.



Соавторы:

Кукуева Н.М.



Кацко А.А.



Фокин М.В.