

Машиностроение Mechanical engineering

Научная статья
Статья в открытом доступе
УДК 621.7
doi: 10.30987/2782-5957-2025-12-4-11

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА

Александр Владимирович Анастасьев✉

Донецкий национальный технический университет, Автомобильно-дорожный институт, Горловка, ДНР, Россия
anastasyev.av@yandex.ru

Аннотация

Рассматривается проблема повышения производительности отделочно-упрочняющей обработки лопаток турбины газотурбинного двигателя (ГТД) путем применения методики обеспечения постоянства процессов обработки в каждой точке сложного пространственного профиля. Описана методика адаптации базового технологического процесса обработки на примере лопатки первой ступени двигателя ВК-2500П. Рассчитаны и приведены значения геометрических параметров упрощенной модели лопатки и значения контактных напряжений и удельного давления возникающих при их обработке по типовому технологическому процессу, а также величина усилия прижима заготовки при полировании в каждой характерной точке профиля для обеспечения постоянных и равно-

мерных технологических воздействий. На основании полученных данных представлена схема с выделением характерных зон и требуемых усилий прижима в этих зонах. Основные выводы статьи подтверждают, что применение функционально-ориентированного подхода может обеспечить повышение эксплуатационных свойств готовых изделий без дополнительных операций обработки благодаря применению принципов функциональной ориентации и уменьшению количества избыточных воздействий и переходов. Полученные результаты могут быть полезны для предприятий, занимающихся производством ГТД и машиностроительной продукции.

Ключевые слова: отделочно-упрочняющая обработка, усилие, прижим, лопатка, полирование.

Ссылка для цитирования:

Анастасьев А.В. Повышение производительности механической обработки на основе функционально-ориентированного подхода / А.В. Анастасьев // Транспортное машиностроение. – 2025. – № 12. – С. 4-11. doi: 10.30987/2782-5957-2025-12-4-11.

Original article
Open Access Article

INCREASING PRODUCTIVITY OF MECHANICAL TREATMENT BASED ON A FUNCTIONALLY ORIENTED APPROACH

Aleksandr Vladimirovich Anastasyev✉

Donetsk National Technical University, Automobile and Road Institute, Gorlovka, DPR, Russia
anastasyev.av@yandex.ru

Abstract

The problem of increasing the productivity of finishing and hardening treatment of turbine blades of a gas turbine engine (GTE) by applying a technique to ensure the consistency of treatment processes at each

point of a complex spatial profile is considered. A method for adapting the basic treatment technology is described using the blade of the first stage of VK-2500P engine as an example. The values of geometric

parameters of the simplified blade model and contact stresses and specific pressures arising from their treatment according to a typical technological process are calculated and presented, as well as the pull force of the workpiece during polishing at each characteristic point of the profile to ensure constant and uniform technological effects. Based on the data obtained, a diagram is presented highlighting the characteristic zones and the required pull forces in these zones. The main conclusions of the paper confirm that the use of a

functionally oriented approach can improve the operational properties of finished products without additional treatment operations due to the application of the principles of functional orientation and reducing the number of excessive impacts and transitions. The results obtained can be useful for enterprises engaged in the production of GTE and machine-building products.

Keywords: finishing and hardening treatment, force, pull, blade, polishing.

Reference for citing:

Anastasyev A.V. Increasing productivity of mechanical treatment based on a functionally oriented approach. Transport Engineering. 2025;12:4-11. doi: 10.30987/2782-5957-2025-12-4-11.

Введение

Современное развитие авиационных и энергетических газотурбинных двигателей напрямую связано с необходимостью обеспечения высокой точности геометрии и качества поверхностей рабочих лопаток, определяющих эффективность и ресурс агрегатов. Наиболее сложным этапом является отделочная обработка профилей пера, от качества выполнения которой зависят аэродинамические характеристики и эксплуатационная надёжность деталей. В связи с этим исследование и разработка новых методик, направленных на повышение производительности и стабильности финишных процессов обработки, приобретают особую актуальность.

Ряд исследований демонстрирует значимость доводочных и полировальных операций при обработке сложных пространственных поверхностей лопаток турбин ГТД. Так, в работах [1, 5, 7, 11] обоснована необходимость точного расчёта параметров контакта инструмента с поверхностью и поддержания постоянства условий обработки для обеспечения равномерности качества по профилю пера. Классические труды в области доводочных процессов [2] до настоящего времени служат фундаментом для построения современных методик. При этом современные исследования подчёркивают необходимость автоматизации и комплексного подхода к управлению режимами обработки [3, 4, 6, 8, 10, 12].

Особое внимание уделяется вопросам адаптации параметров обработки в зависимости от локальных особенностей профиля лопатки и эксплуатационных нагру-

зок, действующих на её различные зоны [9]. Синтез функционально-ориентированных технологий позволяет не только учитывать неоднородность внешних воздействий, но и обеспечивать требуемые характеристики поверхностного слоя при минимальных затратах времени и ресурсов [1, 5, 12].

Таким образом, обобщение результатов предшествующих исследований [1-12] позволяет сформировать основу для разработки нового технологического подхода, направленного на повышение производительности отделочно-упрочняющей обработки за счёт адаптации режимов обработки к функциональным особенностям лопаток ГТД.

В процессе финишной обработки деталей со сложной пространственной геометрией, таких как лопатки турбины ГТД (далее ЛТ ГТД), наблюдается существенная нестабильность технологических режимов, обусловленная изменяющейся конфигурацией зоны контакта между инструментом и обрабатываемой поверхностью [1-4].

Целью данной работы является применение методики адаптации технологического процесса отделочно-упрочняющей обработки при обработке сложных пространственных поверхностей, таких как перо ЛТ ГТД. Для этого необходимо на основании разработанных методик и алгоритмов обеспечения постоянства процессов ОУО и получить технологическую инструкцию для обработки лопатки первой ступени турбины двигателя ВК-2500П.

Материалы, модели, эксперименты и методы

Как было отмечено в работах [5, 6] ЛТ ГТД, имеющие переменную геометрию профиля в процессе отделочной обработки, подвергаются существенному непостоянству режимов обработки, а именно, возникающими максимальными контактными напряжениями. Это обусловлено переменной геометрией пятна контакта инструмента (полировального круга) и обрабатываемой зоны пера лопатки.

Для обеспечения постоянства процессов отделочно-упрочняющей обработки потребуется адаптация режимов в соответствии с переменной геометрией профиля. Основная идея такой адаптации состоит в управлении условиями обработки в каждой конкретной точке обрабатываемой заготовки путем контроля геометрии пятна контакта инструмента и детали и описана в работах [7, 8, 9]. Для обеспечения такой адаптации можно воспользоваться следующим алгоритмом (рис. 1).

Подробнее рассмотрим каждый этап приведенного алгоритма.

1. Первым этапом является выделение характерных зон, на профиле пера лопатки. Для этого можно использовать существующую методику упрощения профиля [10].

2. Последующим этапом является определение режимов обработки, применяемого технологического оборудования и оснастки из базового технологического процесса, применяемого для изготовления рассматриваемой детали, а именно тип, материал, и геометрические параметры полировального круга, вид обработки и т.д.

3. Проводим анализ параметров обработки базового ТП путем последовательного определения теоретической полуширины пятна контакта; определение реальной полуширины площадки контакта по номограмме (рис. 2) и вычисление давления в каждой характерной зоне, которые были определены в шаге 1.

4. Синтез параметров нового ТП, гарантирующего обеспечение постоянства процесса обработки. Процесс синтеза начинается с задания требуемой величины

давления, которую необходимо будет обеспечить в каждой характерной зоне. После этого, исходя из требуемого давления определяем геометрические параметры пятна контакта, а именно его переменную составляющую – полуширину.



Рис. 1. Алгоритм обеспечения постоянства процессов отделочно-упрочняющей обработки при обработке профиля ЛТ ГТД

Fig. 1. Algorithm for ensuring the constancy of the finishing and strengthening treatment processes when processing the GTE vane

После этого, по номограмме (рис. 2) определяем расчетную полуширину пятна контакта, и определяем усилие прижатия в каждой характерной точке по следующей формуле:

$$P = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \frac{\left(\frac{b}{1,128}\right)^2 \times l \times (R_l + R_p)}{R_l R_p \left(\frac{1 - \mu_l^2}{E_l} + \frac{1 - \mu_p^2}{E_p}\right)}, \quad (1)$$

где E_p, E_l – модуль упругости материала полировальника и лопатки соответственно, μ_p, μ_l – соответствующие коэффициенты Пуассона, R_p – радиус полировальника, R_l – радиус профиля лопатки в рассматриваемый момент контакта.

5. Завершающим этапом процесса синтеза является формирование рекомендаций по обеспечению постоянства процесса обработки в каждой характерной зоне профиля.

Анализ параметров обработки базового ТП путем последовательного определения теоретической полуширины пятна контакта, проводим по разработанной методике [11] для соответствующей схемы обработки; определение реальной полуши-

Результаты

Рассмотрим процесс обеспечения постоянства обработки при полировании профиля пера на примере лопатки первой ступени турбины двигателя ВК-2500П геометрические параметры упрощенной модели [12] которой представлены в таблице 1.

При отделочной обработке ЛТ ГТД наблюдается существенное изменение возникающих максимальных напряжений, обусловленное сложным профилем и переменными удельными усилиями прижима. Проектирование технологического процесса с учетом этого непостоянства позволит обеспечить более равномерную обработку поверхности и сокращение длительности обработки. При этом, учитывать указанные непостоянство позволят уравнения, выведенные из известной методики контактного взаимодействия Герца, после соответствующего экспериментального подтверждения.

Для обеспечения максимальной производительности обработки без потери

рины площадки контакта по номограмме (рис. 2) и вычисление давления в каждой характерной зоне, которые были определены в начале процесса адаптации.

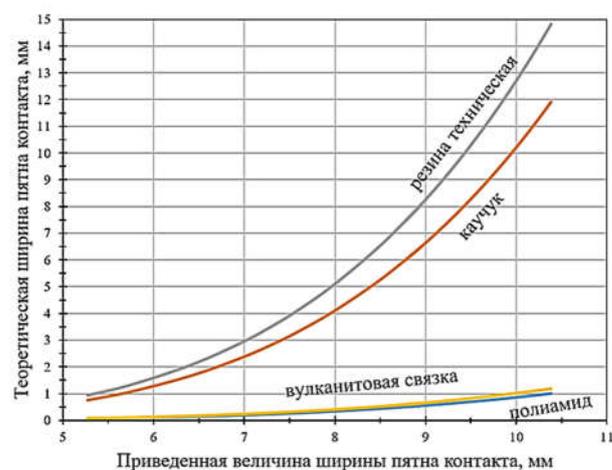


Рис. 2. Номограмма для определения ширины пятна контакта в зависимости от полученных теоретических значений

Fig. 2. Nomogram for determining the width of the contact patch depending on the obtained theoretical values

качества всех функциональных элементов профиля пера лопатки необходимо обеспечить минимально необходимое качество поверхностей каждого элемента с точки зрения заданного ресурса работы. При этом, данный подход применим как к отделочной, так и к упрочняющей обработке, что в комплексе обеспечивает сокращение длительности обработки профиля. Технологическое обеспечение может быть синтезировано по описанной ранее методике для возможности оказания требуемых функциональных воздействий в каждой зоне ЛТ ГТД.

Результатом такой адаптации режимов обработки будет являться технологическая инструкция для обработки, при этом применяемое оборудование и основные элементы режимов обработки остаются неизменными, корректируется лишь величину прижима детали к полировальному кругу в каждой характерной точке профиля

Рассмотрим процесс обеспечения постоянства обработки при полировании

профиля пера на примере лопатки 1-ой ступени турбины двигателя ВК-2500П геометрические параметры упрощенной модели которой представлены в табл. 1.

Задавшись усредненным значением давления, полученным из данных табл. 1. принимаем значение давления равное 0,22 МПа. В соответствии с заданным давлением определяем требуемые параметры площади пятна контакта, для обеспечения заданного давления. При этом, по полученному расчетному значению полуширины площадки контакта b находим по номограмме (рис. 2) теоретическое значение. Для каждой из характерных зон определим значения реального усилия прижима, исходя из расчетных значений давления и величины пятна контакта, подставив полученное

теоретическое значение в (1). Получим значения для каждой характерной зоны, приведены в таблице 2. Соответственно полученным данным по усилиям прижима строим схему, с указанием характерных зон и величины требуемых воздействий, гарантирующих обеспечение постоянства протекающего процесса обработки. Представленная схема приведена на рис. 3.

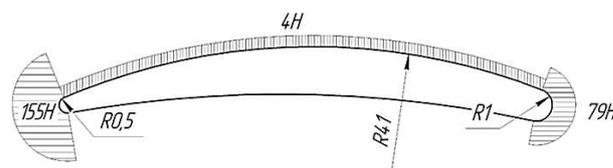


Рис. 3. Схема требуемых воздействий при обработке профиля ЛТ ГТД
Fig. 3. Scheme of required actions during processing of the GTE vane profile

Таблица 1

Геометрические параметры упрощенной модели лопатки 1-ой ступени турбины двигателя ВК-2500П расчётные значения контактных напряжений при полировании

Table 1

Geometric parameters of the simplified model of the 1st stage blade of VK-2500P turbine engine and calculated values of contact stresses during polishing

| № п/п | Наименование | Радиус, мм | Характеристики пятна контакта | | | | Давление, МПа | |
|-------|-----------------|------------|-------------------------------|------------------|---------------------|------------------|---------------|------|
| | | | Теоретические | | Приведенные | | | |
| | | | Полуширина b , мм | Ширина $2b$, мм | Полуширина b , мм | Ширина $2b$, мм | | |
| 1 | Входная кромка | 0,5 | 0,49 | 0,98 | 5,25 | 10,5 | 105 | 0,24 |
| 2 | Спинка | 41 | 3,11 | 6,22 | 7 | 14 | 140 | 0,18 |
| 3 | Выходная кромка | 1 | 0,68 | 1,36 | 5,5 | 11 | 110 | 0,23 |

* - данные приведены для обработки полировальным кругом прямого профиля шириной 10 мм и диаметром 80 мм при усилии прижима 25 Н.

Таблица 2

Геометрические параметры пятна контакта в синтезируемом варианте ТП, и расчётные усилия прижима для их обеспечения

Table 2

Geometric parameters of the contact spot in the synthesized TP variant, and the calculated pull forces to ensure them

| № п/п | Наименование | Радиус, мм | Характеристики пятна контакта | | | | Усилие прижима, Н | |
|-------|-----------------|------------|-------------------------------|---------------------|------------------|---------------------|-------------------|-----|
| | | | Приведенные | | Теоретические | | | |
| | | | Ширина $2b$, мм | Полуширина b , мм | Ширина $2b$, мм | Полуширина b , мм | | |
| 1 | Входная кромка | 0,5 | 11,36 | 5,68 | 2,42 | 1,21 | 113,63 | 151 |
| 2 | Спинка | 41 | | | | | | 4 |
| 3 | Выходная кромка | 1 | | | | | | 79 |

Для практического обеспечения полученных значений усилия прижима потребуются дополнительное технологическое оснащение, принципиальная схема которого представлена на рис. 4 и состоит из основания 1, на котором закреплён цифровой динамометр 2 для снятия показаний, и подвижной регулируемой тяги 3, закрепляемой на контрольной обрабатываемой детали 4. В процессе настройки рабочий обрабатывает контрольную деталь с расчётными значениями усилия прижима к полировальному кругу 5, приводимому в движение от привода станка 6, после чего отсоединяет тягу динамометра и продолжает обработку последующих деталей.

При отделочной обработке ЛТ ГТД наблюдается существенное изменение возникающих максимальных напряжений, обусловленное сложным профилем и переменными удельными усилиями прижима. Проектирование технологи-

Заключение

Как следствие всего вышесказанного, можно сделать ряд следующих выводов:

При отделочной обработке ЛТ ГТД наблюдается существенное изменение возникающих максимальных напряжений, обусловленное сложным профилем и переменными удельными усилиями прижима. Проектирование технологического процесса с учетом этого непостоянства позволит обеспечить более равномерную обработку поверхности, без увеличения длительности обработки.

В качестве направлений для дальнейших исследований можно предложить применение рассматриваемой методики для повышения качества автоматизированной обработки лопаток ГТД. Однако, следует учитывать, что в этом исследовании такое применение не

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Михайлов, А. Н. К вопросу определения технологических параметров обработки сложных пространственных поверхностей лопаток ГТД при полировании / А. Н. Михайлов, А. В. Анастасьев // Научно-технические технологии в машиностроении. 2024. № 10(160). С. 12-18.

ческого процесса с учетом этого непостоянства позволит обеспечить более равномерную обработку поверхности, без увеличения длительности обработки.

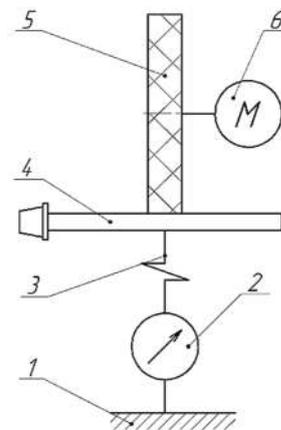


Рис. 4. Принципиальная схема технологического оснащения для фиксации величины усилия прижима обрабатываемой лопатки

Fig. 4. Schematic diagram of the technological equipment for recording the value of the clamping force of the blade being processed

рассматривается, а предлагается как основа для выполнения дальнейших исследований.

С учётом результатов, полученных в работе, данная методика может быть применена при автоматизированной обработке ЛТ с применением манипуляторов или роботизированных технологических комплексов.

Результатом такой адаптации режимов обработки будет являться технологическая инструкция для обработки, при этом применяемое оборудование и основные элементы режимов обработки остаются неизменными, корректируется лишь величина прижима детали к полировальному кругу в каждой характерной точке профиля.

2. Ящерицын, П.И. Тонкие доводочные процессы обработки деталей машин и приборов / П.И. Ящерицын, А.Г. Зайцев, А.И. Барботько. Минск: «Наука и техника», 1976. 328 с.
3. Макаров, В. Ф. Проблемы автоматизации финишной обработки сложнопрофильных поверх-

ностей лопаток ГТД / В. Ф. Макаров, В. А. Жукотский, Е. Н. Бычина // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2016. № 8-2. С. 52-55.

4. Макаров, В. Ф. Разработка высокоэффективных технологических процессов обработки деталей газотурбинных двигателей для авиации и наземных установок / В. Ф. Макаров // Вестник Рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П. А. Соловьева. 2017. № 1(40). С. 159-166.
5. Михайлов, А. Н. Обеспечение постоянства контактной нагрузки при полировании сложного профиля пера лопатки турбины ГТД / А. Н. Михайлов, А. В. Анастасьев, Н. С. Пичко // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. 2023. № 2(81). С. 26-34.
6. Анастасьев, А. В. Синтез структуры технологического процесса обеспечения постоянства условий резания при отделочной обработке лопаток ГТД / А. В. Анастасьев, А. Н. Михайлов // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению : Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 16–17 ноября 2023 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2023. С. 3-5.
7. Михайлов, А. Н. Экспериментальное подтверждение адекватности применения контактной задачи Герца при определении пятна контакта полировального круга / А. Н. Михайлов, А. В. Анастасьев, Н. С. Пичко // Высокие технологии в машиностроении : Материалы XX всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Самара, 09–10 ноября 2023 года. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2023. С. 84-88.
8. Михайлов, А. Н. Синтез методики обеспечения постоянства режимов обработки полировальни-

ками при изменяющихся параметрах геометрии лопатки ГТД / А. Н. Михайлов, А. В. Анастасьев, Н. С. Пичко // Машиностроение и техносфера XXI века : Сборник трудов XXXI Международной научно-технической конференции., Севастополь, 16–22 сентября 2024 года. Донецк: ДонНТУ, 2024. С. 224-228.

9. Анастасьев, А.В. Декомпозиция технологии отделочно-упрочняющей обработки лопаток турбин ГТД / А.В. Анастасьев // Россия молодая: Сборник материалов XVII Всерос. научно-практической конференции с международным участием, 22-25 апр. 2025 г., Кемерово [Электронный ресурс] / ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева». Кемерово, 2025.
10. Михайлов, А. Н. Технологические особенности комбинированной отделочно-упрочняющей обработки лопаток ГТД / А. Н. Михайлов, А. В. Анастасьев // Транспортное машиностроение. 2025. № 2(38). С. 4-15.
11. Михайлов, А. Н. Построение упрощенного профиля пера лопатки турбины ГТД / А. Н. Михайлов, А. В. Анастасьев, Н. С. Пичко // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности : Сборник трудов XXI Международной научно-технической конференции, проведенной в рамках Уральской горнопромышленной декады, Екатеринбург, 06–07 апреля 2023 года / Под общей редакцией Ю.А. Лагуновой. Оргкомитет: Ю.А. Лагунова, А.Е. Калянов. Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2023. С. 305-308.
12. Михайлов, А. Н. Методика синтеза технологического обеспечения повышения ресурса отделочно-упрочняющей обработки лопаток турбины ГТД / А. Н. Михайлов, А. В. Анастасьев, Н. С. Пичко // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. 2023. № 1(80). С. 41-50.

REFERENCES

1. Mikhailov AN, Anastasiev AV. Revisiting technological parameters determination of complex sculptured surfacing for GTE blades under smooth finish. Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering. 2024;10(160):12-18.
2. Yashcheritsyn PI, Zaitsev AG, Barbotko AI. Fine finishing of treating machine parts and devices Minsk: Nauka i Tekhnika; 1976.
3. Makarov VF, Zhukotsky VA, Bychina EN. Problems of automating finishing of complex-profile surfaces of GTE blades. Izvestiya TulGU. Technical Sciences. 2016;8-2:52-55.
4. Makarov VF. Development of highly efficient technological processes for treating gas turbine engine parts for aviation and ground installations. Vestnik Rybinskogo Gosudarstvennogo Aviatsionnogo Tekhnologicheskoi Akademii. 2017;1(40):159-166.
5. Mikhailov AN, Anastasiev AV, Pichko NS. Ensuring the constancy of the contact load when finishing the complex profile of the turbine blade tip. Progressive Technologies and Systems of Mechanical Engineering. 2023;2(81):26-34.
6. Anastasiev AV, Mikhailov AN. Synthesis of the technological process structure for ensuring the consistency of cutting conditions during the finishing treatment of GTE blades. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists, November 16-17, 2023: Science, Innovations and Technologies: from Ideas to Implementation; Komsomolsk-on-Amur: Komsomolsk-on-Amur State University; 2023.
7. Mikhailov AN, Anastasiev AV, Pichko NS. Experimental confirmation of the adequacy to apply Hertz contact problem in determining the contact spot of a polishing buff. Proceedings of the XX All-Russian Scientific and Technical Conference with

- International Participation, November 09-10, 2023: High Technologies in Mechanical Engineering; Samara: Samara State Technical University; 2023.
8. Mikhailov AN, Anastasiev AV, Pichko NS. Synthesis of methods for ensuring the consistency of polisher treatment modes with changing parameters of GTE blade geometry. Proceedings of the XXXI International Scientific and Technical Conference, September 16-22, 2024: Mechanical Engineering and the Technosphere of the XXI century; Sevastopol, Donetsk: DonNTU; 2024.
 9. Anastasiev AV. Decomposition of the technology of finishing and hardening treatment of turbine blades. Collection of Materials of the XVII All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, April 22-25, 2025: Young Russia [Internet]; Kemerovo: Kuzbass State Technical University; 2025.

10. Mikhailov AN, Anastasiev AV. Engineering features of combined finishing and hardening treatment of GTE blades. *Transport Engineering*. 2025;2: 4-15.
11. Mikhailov AN, Anastasiev AV, Pichko NS. Construction of a simplified profile of the turbine blade tip. Proceedings of the XXI International Scientific and Technical Conference held within the Ural Mining Decade, April 06-07, 2023: Technological Equipment for Mining, Oil and Gas Industry; Yekaterinburg: Ural State Mining University; 2023.
12. Mikhailov AN, Anastasiev AV, Pichko NS. Method of synthesis of technological support for increasing the life of finishing and hardening treatment of turbine blades. *Progressive Technologies and Systems of Mechanical Engineering*. 2023;1(80):41-50.

Информация об авторе:

Анастасьев Александр Владимирович – старший преподаватель кафедры «Автомобильный транспорт», аспирант кафедры «Технология машиностроения», тел. +79493497428.

Anastasyev Aleksandr Vladimirovich – Senior Lecturer at the Department of Motor Transport, Postgraduate student at the Department of Mechanical Engineering Technology; phone: +79493497428.

**Статья опубликована в режиме Open Access.
Article published in Open Access mode.**

Статья поступила в редакцию 07.10.2025; одобрена после рецензирования 12.11.2025; принята к публикации 27.11.2025. Рецензент – Хандожко А.В., доктор технических наук, профессор кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» Брянского государственного технического университета, главный редактор журнала «Транспортное машиностроение».

The article was submitted to the editorial office on 07.10.2025; approved after review on 12.11.2025; accepted for publication on 27.11.2025. The reviewer is Khandozhko A.V., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Metal Cutting Machines and Tools at Bryansk State Technical University, Editor-in-Chief of the journal *Transport Engineering*.