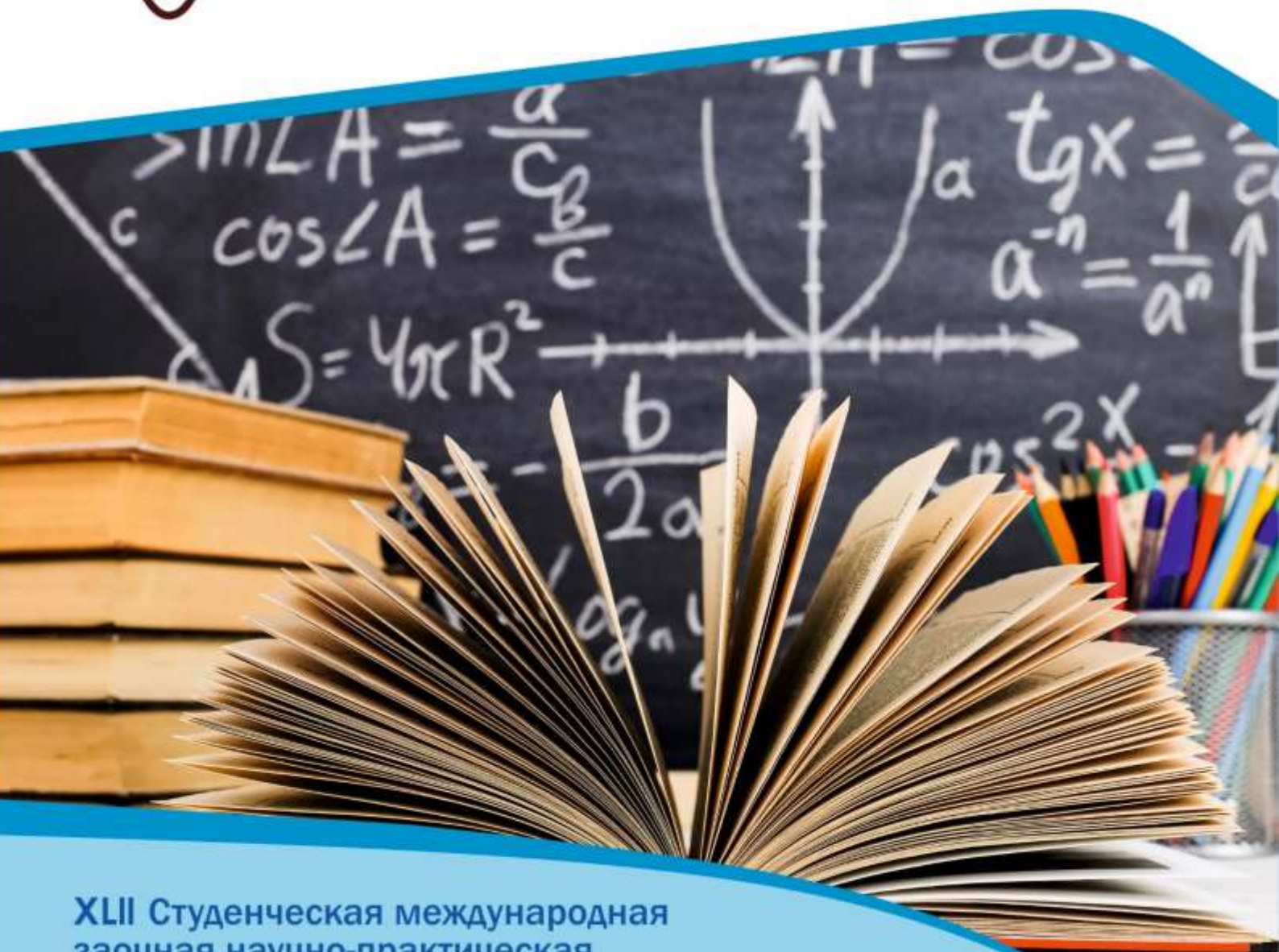




**НАУЧНЫЙ  
ФОРУМ**  
nauchforum.ru

ISSN 2618-9402



**XLII Студенческая международная  
заочная научно-практическая  
конференция**

**ТЕХНИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ.  
СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ  
№7(42)**

г. МОСКВА, 2021



# ТЕХНИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ. СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ

*Электронный сборник статей по материалам XLII студенческой  
международной научно-практической конференции*

№ 7 (42)  
Июль 2021 г.

Издается с февраля 2018 года

Москва  
2021

УДК 62+51  
ББК 30+22.1  
Т38

Председатель редколлегии:

*Лебедева Надежда Анатольевна* – доктор философии в области культурологии, профессор философии Международной кадровой академии, г. Киев, член Евразийской Академии Телевидения и Радио.

Редакционная коллегия:

*Волков Владимир Петрович* – кандидат медицинских наук, рецензент АНС «СибАК»;

*Елисеев Дмитрий Викторович* – кандидат технических наук, доцент, начальник методологического отдела ООО "Лаборатория институционального проектного инжиниринга";

*Захаров Роман Иванович* – кандидат медицинских наук, врач психотерапевт высшей категории, кафедра психотерапии и сексологии Российской медицинской академии последипломного образования (РМАПО) г. Москва;

*Зеленская Татьяна Евгеньевна* – кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра высшей математики в Югорском государственном университете;

*Карпенко Татьяна Михайловна* – кандидат философских наук, рецензент АНС «СибАК»;

*Костылева Светлана Юрьевна* – кандидат экономических наук, кандидат филологических наук, доц. Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС), г. Москва;

*Попова Наталья Николаевна* – кандидат психологических наук, доцент кафедры коррекционной педагогики и психологии института детства НГПУ;

**Т38 Технические и математические науки. Студенческий научный форум.**  
Электронный сборник статей по материалам XLII студенческой международной научно-практической конференции. – Москва: Изд. «МЦНО». – 2021. – № 7 (42) / [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: [https://nauchforum.ru/archive/SNF\\_tech/7\(42\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/SNF_tech/7(42).pdf)

Электронный сборник статей XLII студенческой международной научно-практической конференции «Технические и математические науки. Студенческий научный форум» отражает результаты научных исследований, проведенных представителями различных школ и направлений современной науки.

Данное издание будет полезно магистрам, студентам, исследователям и всем интересующимся актуальным состоянием и тенденциями развития современной науки.

## **Оглавление**

<b>Секция 1. Технические науки</b>	<b>4</b>
ВОЗМОЖНОСТИ И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕДУКТОРОВ TWINSPIN В ПРИВОДНЫХ СИСТЕМАХ МАНИПУЛЯЦИОННЫХ И МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ Друк Александр Дмитриевич	4
СОВРЕМЕННЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОСНОВЕ МОДЕРНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА Кулишова Диана Васильевна Исабаева Екатерина Андреевна	10
ИЗГОТОВЛЕНИЕ РАБОЧЕЙ ЛОПАТКИ ВЕНТИЛЯТОРА ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ Кузнецов Егор Владимирович Фоменко Роман Николаевич	18

# СЕКЦИЯ 1.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### ВОЗМОЖНОСТИ И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕДУКТОРОВ TWINSPIN В ПРИВОДНЫХ СИСТЕМАХ МАНИПУЛЯЦИОННЫХ И МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

*Друк Александр Дмитриевич*

*бакалавр,  
Московский государственный технический  
университет имени Н.Э. Баумана,  
РФ, г. Москва*

**Аннотация.** В данной работе обсуждаются перспективы использования подшипниковых редукторов для конструирования приводов робототехнических систем. Рассмотрено проведение предварительного расчета привода.

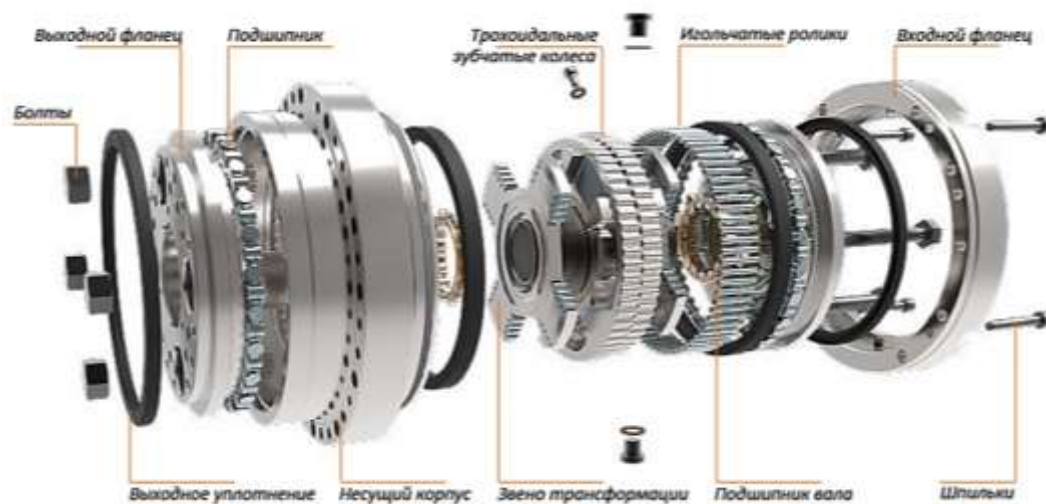
**Ключевые слова:** подшипниковый редуктор, привод, TwinSpin, промышленный робот.

Промышленные роботы выполняют всё более сложные задачи. Для того, чтобы последовательность их движений протекала без помех и сложная техника была всегда готова к использованию, требуется высочайшее качество даже мельчайших деталей. Центральным элементом при этом является редуктор: он управляет пространственными движениями манипуляторов робота.

Подшипниковые редукторы TwinSpin(ТС) представляют собой высокоточные редукторы, основанные на новом редукционном механизме и решении конструкции выходного радиально-упорного подшипника. Понятие „подшипниковый редуктор“ выражает полную интеграцию высокоточной коробки передач и радиально-упорного подшипника в одом целом. Эта новая трансмиссионная концепция позволяет использовать ТС редукторы непосредственно в качестве шарниров роботов, поворотных столов или в качестве колесных коробок передач

транспортных систем [1]. Подшипниковые редукторы ТС предназначены для применения, при котором нужно высокое передаточное отношение, высокая кинематическая точность, небольшой мертвый ход, высокая моментная емкость и высокая жесткость при компактной конструкции с небольшим пространством застройки и небольшой массой.

Запатентованная конструкция редуктора (рис.1) представляет собой циклоидальный механизм, основанный на принципе гибридного редуктора: интеграции в одном компактном корпусе циклоидной передачи и радиально-упорного подшипника.



**Рисунок 1. Конструкция редуктора TwinSpin**

Передача крутящего момента осуществляется при этом без использования классического зубчатого зацепления трением т.к. нагрузку в конструкции в полной мере принимают и передают игольчатые ролики, расположенные в противопазах трохоидальных зубчатых колес. В результате нагрузка распределяется равномерно на возможно большее число роликов (до 50%), что, благодаря достигнутому эффекту обегавшего зацепления качения, максимально уменьшает трение скольжением.

Конструкция редуктора технологически позволяет получать различные передаточные отношения до 191 в одной ступени, затормаживая корпус, входной и



выходной вал, обеспечивая самые эффективные: крутящие и опрокидывающие моменты, передаточные отношения из расчета на единицу эффективной массы изделия, а также высокую жесткость на кручение. Благодаря такой конструкции приводимое в движение оборудование может обходиться без дополнительных подшипников, т.к. сам редуктор исполняет роль кинематической опоры.

Основные части подшипникового редуктора:

- Несущий корпус содержит высокочастотные, радиально-упорные, выходные подшипники, интегрированные в редукторе. Уплотнение со стороны выходного фланца устраняет возможность внутренней контаминации (загрязнения) коробки передач или всасывание смазки из редуктора.

- Фланцы входные и выходные фланцы соединены пригнанными винтами и вращаются в радиально-упорном выходном подшипнике с редуцированной скоростью по отношению к несущему корпусу.

- Входной вал - высокооборотный член редукционного механизма. Он установлен с помощью роликоподшипников во фланцах. Орбиты подшипников расшлифованы непосредственно на вале и фланцах. На вале находятся эксцентрики, на которых вращательно опираются колеса через роликоподшипники.

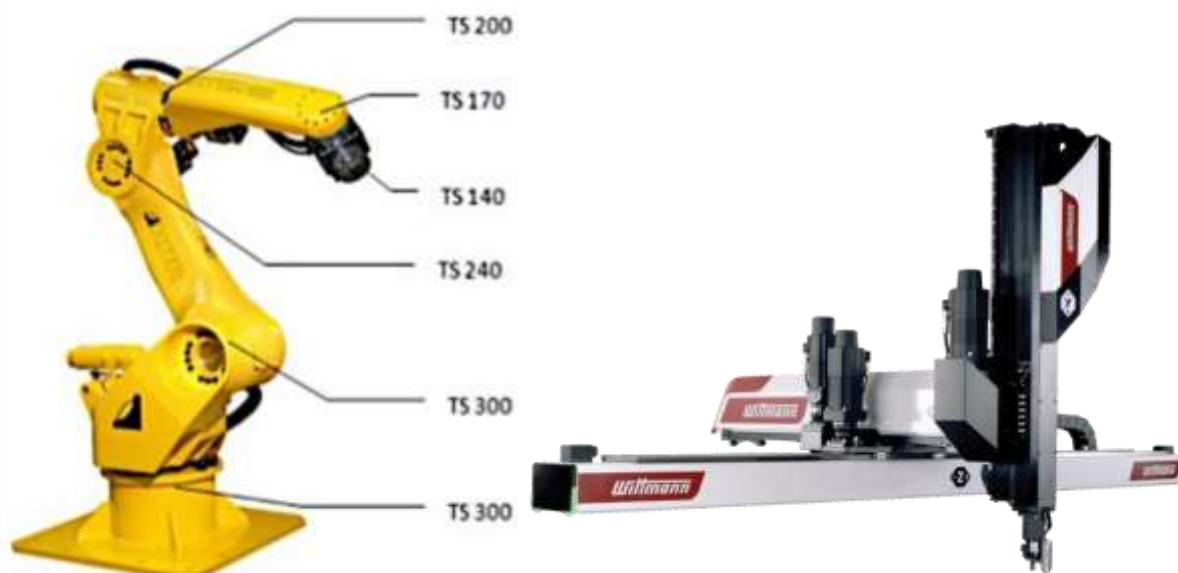
- Циклоидальные зубчатые колеса, в которых почти 50% одновременно зацепляющих циклоидальных зубьев передает высокий крутящий момент, обеспечивающий безззорный ход редуктора.

- Трансформаторный член трансформирует планетарное движение колес во вращательное движение пары фланцев.

Для задач робототехники и автоматизации редукторы TwinSpin представляют особый интерес в связи наличием исключительно трения чистого качения внутри редуктора и одной ступени редукции с очень высоким передаточным отношением, от 33 до 191 [2]. Эти два свойства улучшают финальные характеристики робота, такие как воспроизводимая точность, динамичные движения плеч, операционные расходы, низкая вибрация и низкий уровень шума.

Ключевой особенностью применения редукторов TwinSpin в робототехнических системах является возможность изменения структуры привода исполнительного органа, его скорости, а также перестраивания редуктора в процессе эксплуатации, что обеспечивается модульной конструкцией редуктора. Разработаны различные варианты соединения редуктора с серводвигателем: фланцевое; посредством ременной передачи; с помощью муфты; с использованием муфты и промежуточного фланца.

Решение интегрировать подшипники непосредственно в редуктор позволяет упростить дизайн работа, что положительно сказывается на снижении издержек производства, т.к. не требуется дополнительно устанавливать дорогостоящие и габаритные подшипники. На рис. 2 представлены промышленный робот FANUC LR MATE, все 6 приводных осей которого оснащены редукторами TwinSpin, а также манипулятор типа SCARA Wittman Robots W832 pro в котором за счет применения редукторов ТС удалось увеличить компактность привода практически без увеличения суммарного момента инерции по отношению к валу двигателя.



***Рисунок 2. Промышленный робот FANUC LR Mate и Wittman Robots W832 pro с кинематикой, основанной на рычажной системе***



Долговечность подшипниковых редукторов ТС зачастую обусловлена в первую очередь долговечностью роликовых подшипников на эксцентриках входного вала. Долговечность определяется по уравнению:

$$L_h = k * \frac{n_R}{n_a} * \left(\frac{T_R}{T_a}\right)^{\frac{10}{3}}$$

$k$  - номинальная долговечность [ч],  $L_h$ -требуемая долговечность [ч],  $T_a$ -средний выходной крутящий момент [Нм],  $n_a$  -средние входные обороты [об/мин],  $T_R$  -номинальный крутящий момент [Нм],  $n_R$  -номинальные входные обороты [об/мин].

Что касается предельной нагрузки, благодаря роликовым выходным подшипникам, значения радиальной и осевой нагрузок практически независимы.

Опрокидывающий момент выражается уравнением:

$$M_c = F_R * a + F_a * b$$

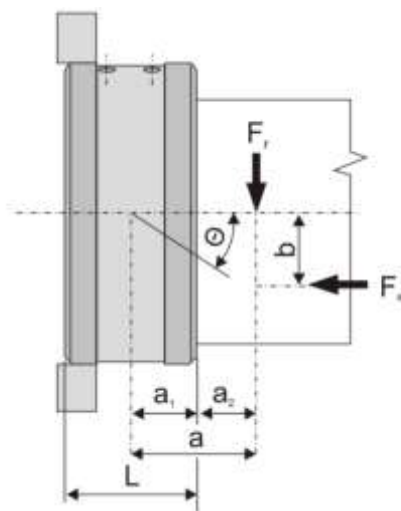
$a$  - плечо действия  $F_R$ [м],  $F_R$  - радиальная нагрузка [Н],  $b$  - плечо действия  $F_a$  [м],  $F_a$  - осевая нагрузка [Н],  $M_c$  - опрокидывающий момент [Нм].

Редукторы TwinSpin могут передавать внешнюю силовую и моментную нагрузку с помощью интегрированных выходных радиально-упорных подшипников. При нагрузке выходного фланца, угол отклонения фланца пропорционален действующему опрокидывающему моменту. Моментная жесткость  $M_t$  - это опрокидывающий момент, при котором выходной фланец опрокидывается на угол  $\Theta = 1'$ .

Угол опрокидывания  $\Theta$  выходного фланца (Рис. 3) определяется по уравнению:

$$\Theta = \frac{F_R * a + F_a * b}{M_t}$$

$\Theta$  - угол опрокидывания выходного фланца [arcmin],  $M_t$  - моментная жесткость [Nm/arcmin].



**Рисунок 3. Угол опрокидывания выходного фланца**

### **Заключение**

Уникальная конструкция редукторов TwinSpin позволяет найти для них широкое применение в работотехнике. Для редукторов характерны отличные динамические характеристики, высокая торсионная жесткость и жесткость опрокидывания, плавность работы, низкие вибрации, компактный дизайн, простота монтажа, надежность и длительный срок службы. Линейка, представляемая компанией Spinea достаточно широка, и предоставляет широкий диапазон, как по типоразмерам, так и по нагрузочным коэффициентам. Использование редукторов TwinSpin положительно сказывается на стоимости производства работа, а также способствует уменьшению его габаритов и веса, с сохранением требуемых характеристик.

### **Список литературы:**

1. Semjon J., Hajduk M., Jánoš, R., Tuleja P.: Procedure selection bearing reducer twinspin for robotic arm. In: Applied Mechanics and Materials. Vol. 245 (2013), p. 261-266.
2. Подшипниковый редуктор твинспин TwinSpin. Каталог. Spinea, 2006. – 88 с.

## СОВРЕМЕННЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОСНОВЕ МОДЕРНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

*Кулишова Диана Васильевна*

*студент,  
ЧОУ ВО Южный университет (ИУБиП),  
РФ, г. Ростов-на-Дону*

*Исабаева Екатерина Андреевна*

*студент,  
ЧОУ ВО Южный университет (ИУБиП),  
РФ, г. Ростов-на-Дону*

Одним из наиболее важных вопросов при введении новейших технологий это определение стратегии распространения и развития учебной организации. Направления подготавливаются с учетом наличия ресурсов для введения инноваций, уровня экономики.

Данные инновации приводят к:

- возможности получения качественного образования;
- расширению сфер профессий, создания новых, заменой старых;
- улучшению уровня дистанционного обучения;
- созданию эффективных методов управления учебной организацией;

Для рассмотрения темы внедрения инновационных технологий, узнаем значение данного термина.

Данное определение означает совокупность методов и процессов создания нового или улучшения уже существующего с целью приведения к научно-техническому прогрессу, повышения уровня работников.

Виды педагогических инноваций:

- Информационно-коммуникационные технологии;
- Проектная и исследовательская деятельность;
- Технологии, связанные с играми.

Раньше образование было направлено на развитие и применению знаний, информации, навыков. Сейчас же наоборот, образование ориентировано на развитие технологий, уровня образования.

С приходом вируса COVID-19 большинство учащихся столкнулись с рядом проблем при обучении в дистанционной форме.

Из-за отсутствия базовых знаний эксплуатации инновационными приложениями, которые сформированы как единые, самостоятельные платформы для удаленного обучения учащиеся и преподаватели элементарно не могли ими пользоваться из-за неумения. При оснащении технологиями высшего уровня учебных заведений можно будет не беспокоиться о уровне образования. Выпускники будут иметь возможность работать в направлении новых профессий, используя новые технологии и поднимая уровень работоспособности и развития государства.

Введение инновационных технологий позволит обучающимся и преподавателям расширять информационные знания, что может привести к избавлению от нынешних киберпроблем.

Это даст возможность избавиться от кибератак, развить систему кибербезопасности и привести к научно-техническому прогрессу. Так, повышается уровень образования, работоспособности, позволяет расширять сферы IT-профессий.

В 2020 году выявлены следующие тренды в образовании:

- Электронные дидактические игры.
- STEM-образование.
- Диалоговые тренажеры.
- Приложения, имитирующие различные жизненные ситуации, позволяющие развить коммуникацию и выработать навык решения жизненных проблем.
- Технология дополненной реальности.

Введение подобных систем позволит повысить вовлеченность учеников в образовательный процесс.

Основу социальных нововведений составляют модернизация образования. Основной целью является создание единого механизма, который будет соответствовать развитию информационным, социальным и экономическим потребностям развития страны, человека.

Такой способ позволит удовлетворить образовательные потребности учеников, позволит раскрыть им свои способности и позволит их использовать как на благо общества, так и государства. Результатом должно стать достижение нового качества образования стран, который будет определяться в соответствии с запросами современной жизни населения.

Новые технологии с течением времени станут обязательными и введение инноваций станут неотъемлемыми частями образовательного процесса.

Исходя из всего вышеперечисленного, можно сделать вывод, что политика новой школы включает в себя внедрение инновационных технологий, основанных на модернизации образовательного процесса.

Это даёт возможность улучшения уровня развития образования, работоспособности, позволяет учащимся раскрыть свои способности и использовать их в нужном русле. Внедряя новые дополнения повышается вовлеченность обучающихся в учебный процесс и появляется возможность на получение новых идей по модернизации образования от самих учеников.

### **Список литературы:**

1. «Cyberlininka» - научная электронная библиотека. «Стратегия новой школы» [Электронный ресурс]. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/strategiya-razvitiya-professionalnogo-obrazovaniya-v-kontekste-natsionalnoy-obrazovatelnoy-i> (Дата обращения 09.04.2021 г.).
2. «Интерактивное образование» - электронная газета. «Стратегия новой школы» [Электронный ресурс]. URL:<http://io.nios.ru/articles2/90/8/strategii-novoy-shkoly-strategii-tradiciy-i-innovaciy> (Дата обращения 09.04.2021 г.).
3. «Молодой ученый» - научный журнал. «Стратегия новой школы» [Электронный ресурс]. URL: <https://moluch.ru/conf/ped/archive/207/11108/> (Дата обращения 09.04.2021 г.).

*СТАТЬЯ УДАЛЕНА ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ*



*СТАТЬЯ УДАЛЕНА ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ*

*СТАТЬЯ УДАЛЕНА ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ*

*СТАТЬЯ УДАЛЕНА ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ*

*СТАТЬЯ УДАЛЕНА ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ*

## **ИЗГОТОВЛЕНИЕ РАБОЧЕЙ ЛОПАТКИ ВЕНТИЛЯТОРА ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

***Кузнецов Егор Владимирович***

*магистрант,  
Рыбинский государственный авиационный  
технический университет имени П. А. Соловьева,  
РФ, г. Рыбинск*

***Фоменко Роман Николаевич***

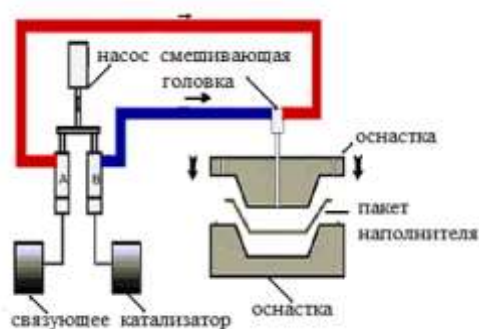
*научный руководитель, канд. техн. наук, доц.,  
Рыбинский государственный авиационный  
технический университет имени П. А. Соловьева,  
РФ, г. Рыбинск*

Развитие современной техники требует новых конструкционных материалов, превосходящих по своим прочностным, упругим и другим свойствам традиционные. К числу наиболее интересных и перспективных относятся полимерные материалы (пластики, эластомеры, волокна), и в первую очередь наполненные. Конструкционные полимерные материалы все чаще применяют в современном машиностроении, причем их используют в тех случаях, когда ни один другой материал не отвечает все более возрастающим требованиям новой техники. В настоящее время полимеры и материалы на их основе серьезно потеснили такие основные конструкционные материалы, как железобетон, металл, дерево. Возможности полимерных материалов чрезвычайно широки благодаря многообразию полимеров и наполнителей, неисчерпаемой варибельности составов композитов на их основе и методов их модификации. Основным технологическим приемом получения полимерных композитов длительное время являлось механическое смешение наполнителя и полимерной матрицы. Полимеризационное наполнение – химическая прививка катализатора либо инициатора к поверхности наполнителя и последующая полимеризация или сополимеризация мономеров на этих поверхностях – возможно, открывает новую страницу в химии и технологии композитов. Развитие технологии композиционных полимерных материалов в настоящее время определяется научными исследованиями в области полимерного материаловедения, поскольку проблема взаимодействия наполнителей и матриц

весьма многогранна. Современный человек сталкивается с полимерными материалами не только в технике, но и в повседневной практике, поэтому знание основных свойств этих материалов и умение правильно использовать их постепенно становятся необходимыми все более широкому кругу людей. В настоящее время ведущие зарубежные и отечественные ученые активно ведут исследования, направленные на разработку материалов и технологий, позволяющих снизить затраты при изготовлении изделий из полимерных композиционных материалов (ПКМ) [1].

### **Получение композиционных материалов методом RTM**

Технология RTM (Resin Transfer Molding) – пропитка под давлением. Особенности технологии RTM заключаются в том, что армирующий наполнитель в необходимом количестве укладывается в форму, которая далее герметизируется, и через дренажную систему под давлением в нее подается связующее. Процесс пропитки идет до тех пор, пока связующее не заполнит все свободное пространство формы. После пропитки форму помещают в печь или пресс, где происходит отверждение детали. В случае использования в качестве связующего композиций холодного отверждения процесс формования проходит при комнатной температуре. Преимущества этого способа в отсутствии необходимости использования дорогостоящего оборудования, в возможности изготовления деталей сложной формы и использования трехмерно армированных наполнителей. Недостатком данного метода является сложный технологический процесс изготовления оснастки.



*Рисунок 1. Схема изготовления детали RTM методом*

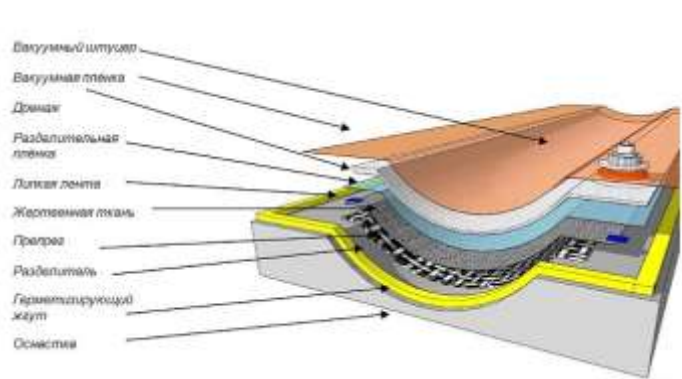


Следует отметить, что выкладка пакета из сухого армирующего наполнителя в жесткую или полужесткую форму в настоящее время осуществляются вручную. Это приводит к отклонениям получаемой схемы армирования от заданной и обуславливает разброс физико-механических свойств материала в деталях даже одной партии. При этом свойства материала в конструкции могут изменяться не только вследствие вариации углов ориентации слоев при ручной укладке пакета, но и при появлении в пакете нерегламентированных нахлестов или зазоров. Последнее обстоятельство может изменить поля скоростей фильтрации связующего через армирующий пакет, находящийся в условиях объемной деформации при смыкании формы, и привести к появлению в конструкции областей с недостаточной пропиткой или повышенным содержанием связующего. Разработка технологий RTM для создания ответственных конструкций невозможна без моделирования технологического процесса пропитки. Для этого используются постановки задачи фильтрации вязкопластичной жидкости в пористой среде, решаемые, как правило, с использованием специализированных программных пакетов, например, PAM-FORM и PAM-RTM. В результате решения таких задач определяются поля скоростей и давления связующего, пропитывающего армирующий каркас, и анализируется движение фронта пропитки в зависимости от параметров технологического процесса (время, температура, давление). Это позволяет оценить количество связующего и время, необходимое для полной пропитки каркаса, выбрать наиболее рациональные варианты размещения точек подачи и отвода связующего и вакуумных портов, а также предотвратить появление дефектов в виде непропитанных зон. Вместе с тем для полного описания технологического процесса RTM необходима постановка связанной задачи фильтрации вязкопластической жидкости и упруго-вязкопластического деформирования армирующего каркаса. Решение такой задачи позволит получить поля напряжений и деформаций каркаса, на основе анализа которых можно предотвратить нежелательное смещение армирующих слоев, вызывающих появление целого ряда дефектов структуры материала. В частности, появление областей высоких продольных и низких поперечных сжимающих напряжений в слоях каркаса может привести к образованию складок

и смоляных карманов, а появление областей с высокими поперечными сжимающими напряжениями в местах утолщения и нахлеста слоев может привести к снижению скорости фильтрации и появлению областей с малым содержанием связующего. В последнее время перспективным направлением в технологии RTM является применение трехмерно армированных каркасов, изготовленных автоматизированным способом. При этом геометрические параметры ячейки армирования и, соответственно, плотность могут меняться в различных точках каркаса, обеспечивая усиление конструкции в наиболее нагруженных зонах. Разработка технологии пропитки трехмерных каркасов в закрытой форме является достаточно сложной задачей при весьма ограниченном количестве уже реализованных аналогичных технических решений [2].

### **Получение композиционных материалов методом препреговой технологии**

Препреги – это композиционные материалы-полуфабрикаты, получаемые путем пропитки армирующей волокнистой основы равномерно распределенными полимерными связующими. Препреговая технология позволяет получить монолитные изделия сложной формы при минимальной инструментальной обработке. Достоинствами данного метода является возможность получения материалов с относительно высокими прочностными характеристиками при отсутствии необходимости дополнительной обработки. Однако к недостаткам относятся малые сроки жизни продуктов, ограничения, накладываемые на используемые связующие ввиду необходимости дальнейшего формования материала, а также высокая стоимость аппаратуры.



**Рисунок 2. Схема укладки вакуумного мешка**

Объединенная двигателестроительная корпорация Госкорпорации Ростех (входит в Союз машиностроителей России) в ходе создания двигателя ПД-35 работает над изготовлением рабочей лопатки вентилятора из полимерных композиционных материалов с использованием препреговой технологии и 3D-тканства. На 2021 год запланированы сравнительные испытания изготовленных двумя методами изделий. С целью снижения рисков в ОДК принято решение об отработке двух технологических направлений: послойной выкладки препрега, который представляет собой композитный материал-полуфабрикат, в пресс-форму с последующей полимеризацией в автоклаве (препреговая технология) и формирования трехмерного тканого армирующего каркаса с последующей пропиткой под давлением в пресс-форме и полимеризацией (технология 3D-тканства). Новая технология отрабатывается в размерности двигателя ПД-14 (лопатка размера - 750 мм, а не 1250 мм).



***Рисунок 3. Рабочая лопатка вентилятора двигателя ПД-14 из ПКМ***

Применение в конструкции двигателя широкохордных рабочих лопаток вентилятора из полимерных композиционных материалов является необходимым условием для реализации программы ПД-35. Технология создания полимерных композиционных лопаток является критической - относящейся к наиболее перспективным направлениям исследований и отвечающей предельно высоким требованиям к качеству и эффективности, без освоения которой не удастся

обеспечить достижение целевых конкурентоспособных характеристик разрабатываемого двигателя. В соответствии с планом по импортозамещению комплектующих изделий и материалов вместо японского углеродного материала для изготовления РЛВ подобран отечественный материал производства фирмы UMATEX [3].

### **Список литературы:**

1. Полимерные композиционные материалы (часть 1): учебное пособие / Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 118 с.
2. Аношкин А.Н., Зуйко В.Ю., Шипунов Г.С., Третьяков А.А. Технологии и задачи механики композиционных материалов для создания лопатки спрямляющего аппарата авиационного двигателя // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. – 2014. – № 4. – С. 5–44. DOI: 10.15593/perm.mech/2014.4.01.
3. <https://soyuzmash.ru/news/companies-news/odk-sozdaet-detali-dlya-dvigatelya-pd-35-iz-kompozitov/> [Электронный ресурс, дата обращения 29.06.2021].

*ДЛЯ ЗАМЕТОК*

**ТЕХНИЧЕСКИЕ  
И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ.  
СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ**

*Электронный сборник статей по материалам XLII  
студенческой международной научно-практической конференции*

№ 7 (42)  
Июль 2021 г.

В авторской редакции

Издательство «МЦНО»  
123098, г. Москва, ул. Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74  
E-mail: [mail@nauchforum.ru](mailto:mail@nauchforum.ru)

16+



