

УДК 621-047.58:004

## **ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ПОДХОДА К СИНТЕЗУ ОПТИМАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**И. Р. Ящук, А. В. Литвин, С. Б. Паньков**

*Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Стремительное развитие технологий, в частности технологии индустрии 4.0 (машинное обучение, большие данные, облачные вычисления, аддитивное производство, цифровое клонирование и т. д.), порождает их симбиоз с другими отраслями, в результате чего создается современный продукт. По этим причинам возникает актуальная задача создания новых и совершенствования существующих методов поиска инженерных решений, которые позволят эффективно решать задачу синтеза оптимальных конструкций с применением современных технологий. Именно на стыке машиностроения с машинным обучением сгенерировался современный подход к решению задач изобретательства. В основе предложенного комбинированного подхода к синтезу инженерных решений заложенный классический метод морфологического исследования и искусственная нейронная сеть.

Искусственные нейронные сети стали активно использовать в медицине, экономике, производстве, робототехнике и многих других областях науки и техники для решения задач, связанных с кластеризацией, прогнозированием, классификацией, аппроксимацией, распознаванием образов и т. д. [1]. Применение нейронных сетей в задачах технического творчества обеспечит процесс синтеза инженерных решений интеллектуальной составляющей и позволит расширить технический уровень разработанных конструкций, сократив при этом время их проектирования.

Получение оптимального синтезированного технического решения заключается в выявлении и устранении конструктивно-функциональной проблемы существующей конструкции на основе поиска наилучшего решения из множества альтернатив. Оптимальная конструкция – это техническое решение, которое сохраняет или улучшает характеристики существующей конструкции или синтезирует новую, на основе предварительно заявленных требований [2]. Общий подход к синтезу инженерного решения на основе эвристического метода морфологического исследования приведен на рис. 1.

Как показывает практика, при создании новых технических решений использование только эвристических методов является не всегда целесообразным, поскольку инженер не может решать и моделировать задачи высокой сложности без использования машинной поддержки. Поэтому основным недостатком данного подхода при проектировании оптимальных машиностроительных конструкций является большое количество вариантов реализации и их множество альтернатив [3].

Так, для решения данной проблемы предлагается комбинированный подход к синтезу инженерных решений, в основе которого заложенный классический метод морфологического анализа и синтеза для формирования множества альтернатив, а также искусственная нейронная сеть – для проведения математических расчетов и формирования рекомендации оптимальной конструкции.



Рис. 1. Общий подход к синтезу решений на основе эвристического метода

Структурно-функциональная модель синтеза инженерных решений на основе предложенного комбинированного подхода приведена на рис. 2.

Декомпозиция данной модели позволяет выделить пять ключевых этапов:

1. Постановка задачи – формирование первоначальной цели или постановка проблемы, с помощью которых отражаются основные требования к проектируемой конструкции.

2. Морфологическое исследование – проведение морфологического анализа и синтеза, при которых осуществляется построение дерева целей, формирование морфологической таблицы и заполнение ее альтернативами.

3. Формирование и структуризация альтернатив – определение множества альтернативных вариантов и основных критериев для выбора из них наиболее подходящих. На этом этапе проводится математическая обработка данных с целью уменьшения выборки альтернатив, отсева несовместимых или менее подходящих вариантов технического решения.

4. Оценка альтернатив – проведение оценки и выбор подходящих альтернатив. Оценка осуществляется в соответствии классифицированных функциональных и конструктивных признаков на основе числовых значений, отражающих качество альтернатив по выбранным критериям.

5. Решение задачи – анализ и интерпретация полученных результатов. Осуществляется проверка на соответствие полученных решений начальной задаче, если решение оптимальное – оно будет рекомендовано пользователю, если нет – состоится перебор других альтернатив.

Использование комбинированного подхода к синтезу оптимальных конструкций, в основе которого лежит современная технология нейронных сетей, в задачах изобретательства, поможет инженерам:

- оптимизировать процесс проектирования новых, более адаптированных и универсальных технических решений;
- получить экспертную поддержку принятия решения на основе анализа множества альтернатив с возможностью адаптации к конкретной задаче;
- сократить время на обработку большого количества информации;
- провести сложные математические расчеты.

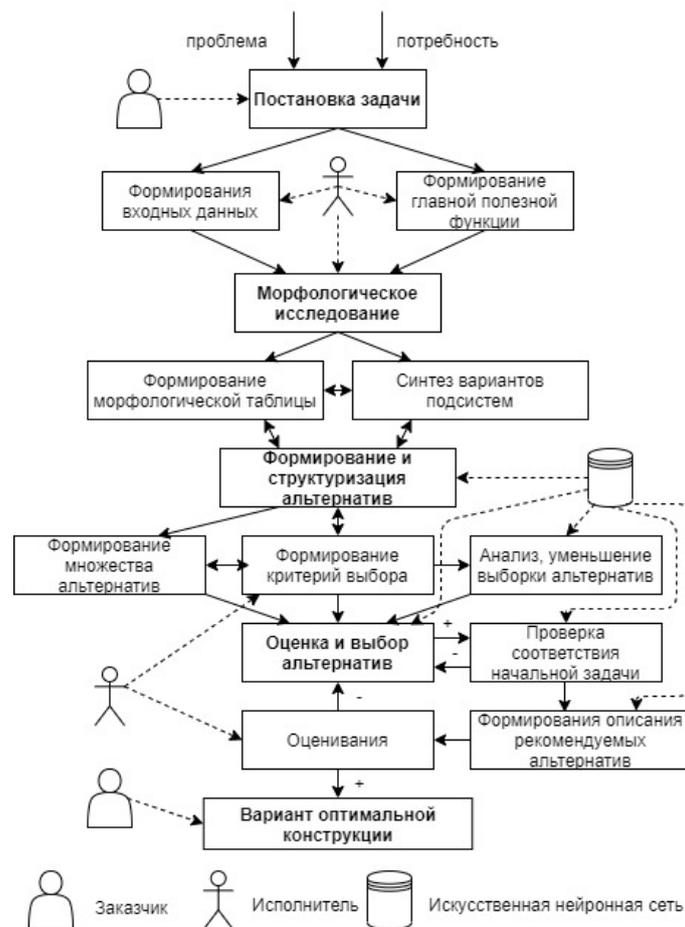


Рис. 2. Структурно-функциональная модель синтеза инженерных решений на основе комбинированного подхода

Представленные результаты работы будут использованы в дальнейших исследованиях с целью разработки интеллектуальной системы поддержки принятия решений, для решения задач синтеза инженерных конструкций в машиностроении.

#### Литература

1. Литвин, О. В. Аналіз передумов застосування нейронних мереж при синтезі конструкцій в машинобудуванні / О. В. Литвин, І. Р. Яшук, С. Б. Паньков // Наукові нотатки. – 2018. – № 64. – С. 92–98.
2. Андрейчиков, А. В. Системный анализ и синтез стратегических решений в инноватике: Математические, эвристические и интеллектуальные методы системного анализа и синтеза инноваций : учеб. пособие для вузов / А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. – 2013. – С. 304.

3. Ящук, И. Р. Синтез компоновок зажимных патронов эвристическими методами с использованием нейронных сетей / И. Р. Ящук, С. Б. Паньков, А. В. Литвин // Современные проблемы машиноведения : материалы XII Междунар. науч.-техн. конф. (науч. чтения, посвящ. П. О. Сухому), Гомель, 22–23 нояб. 2018 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Фил. ПАО «Компания «Сухой» ОКБ «Сухого» ; под. общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2018. – С. 40–42.

УДК 621.98.04

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИЗГИБА СО СЖАТИЕМ УПРОЧНЕННЫХ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

В. А. Томило, М. Л. Нестерович

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

При изготовлении кузовов бронированных автомобилей часто находят применение упрочненные листовые материалы. Их особенность состоит в том, что они имеют высокую твердость, предел текучести  $\sigma_T$  и предел прочности  $\sigma_0$ . Однако в большинстве случаев увеличение прочности материала сопровождается снижением его пластических свойств. В этой связи, упрочненные листовые материалы плохо поддаются операциям холодной штамповки. При изгибе таких листовых материалов имеет место образование трещин вдоль линиигиба.

Для предупреждения образования трещин вдоль линиигибки возможно применять силовую интенсификацию. В этом случае изменяется механическая схема деформации, что возможно при нагружении очага деформации дополнительными видами нагрузок. Так, один из способов силовой интенсификации при изгибе – сжатие с торцов заготовки. В результате сжатия нейтральный слой в заготовке становится фиктивным и перемещается ближе к наружной поверхности заготовки [1]. Схема напряженного и деформированного состояния при изгибе со сжатием показана на рис. 1.

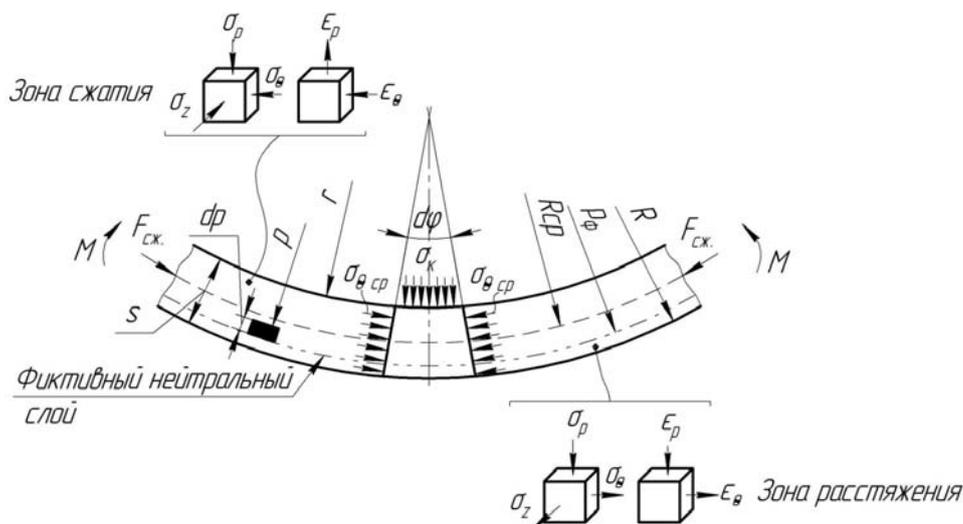


Рис. 1. Схемы напряженного и деформированного состояний при изгибе со сжатием