

УДК 627.8

**УЛУЧШЕНИЕ ЖЕСТКОСТНЫХ И ПРОЧНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ  
ВЕДОМОГО ЭЛЕМЕНТА УСТАНОВКИ, ПРЕОБРАЗУЮЩЕЙ КИНЕТИЧЕСКУЮ  
ЭНЕРГИЮ СВОБОДНОГО ПОТОКА ВОДЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПРИ ПОМОЩИ  
ФЕРМЕННО-БАЛОЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ**

*В.Г. Краснов*

Приведены результаты конструктивных изысканий, повышающих прочностные и жесткостные показатели вращаемых элементов, находящихся в потоке жидкости.

*Ключевые слова:* ведущее колесо; вал; ферменная конструкция; прочность; технологичность, ресурс.

---

**IMPROVING OF STIFFNESS AND STRENGTH PARAMETERS OF THE DRIVE  
ELEMENT OF THE INSTALLATION, TRANSFORMING THE KINETIC ENERGY  
OF THE FREE FLOW OF WATER INTO ELECTRICITY, USING  
TRUSS-BEAM CONSTRUCTION.**

*V.G. Krasnov*

The article describes results of the constructive researchers increasing the strength and stiffness indicators of rotating elements, being in the fluid flow.

*Keywords:* drive wheel; shaft; truss structure; durability; manufacturability; resource.

Проектирование приводных элементов и механизмов, работающих в водной среде, требует обеспечения снижения деформаций, возникновения которых может привести к заклиниванию или замедлению цикла работы всего механизма. Мероприятия по снижению деформаций часто приводят к увеличению веса конструкции [1].

В разрабатываемой продольно-поточной гидроустановке [2] (рисунок 1) увеличение веса может привести к значительному снижению её производительности.

Повышение жесткости конструкции может быть достигнуто путём использования нового конструкторского решения – промежуточных ферменно-балочных перекрытий [1].

Цель работы – достижение наименьших массовых характеристик конструкции; обеспечение достаточной жесткости конструкции.

Одним из наиболее перспективных методов для проектировочного анализа является мультиитерационный метод, т. е. одновременная проработка множества задач и вариантов, представляющих со-

бой разнообразные математические модели, имитирующие различные виды конструкции, что достаточно трудоёмко. Использование современных САД технологий и методов конечно-элементного расчета позволяет проводить анализ жесткостных изменений в конструкции при её модификации.

При решении поставленной задачи использовалась среда конечно-элементного моделирования «Femap 10.3», основанная на программе-решателе «Nastran», которая позволяет проводить анализ сложных конструкций [3, 4]. Высокая степень сходимости с теорией сопротивления материалов, удобный пользовательский интерфейс, а также наглядность полученных результатов делают данный продукт востребованным при проведении инженерных расчётов различного уровня.

В ходе данного исследования был проведен анализ двух различных конструкций:

- базовой (рисунок 2), которая оснащена цельными зубчатыми колесами;
- комбинированный (рисунок 3) с использованием ферменно-балочных конструкций.

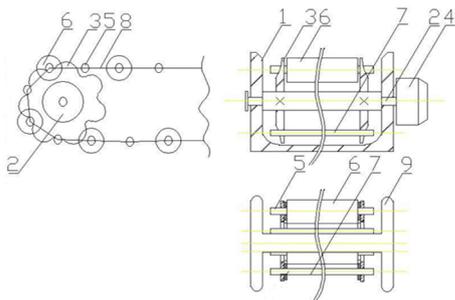
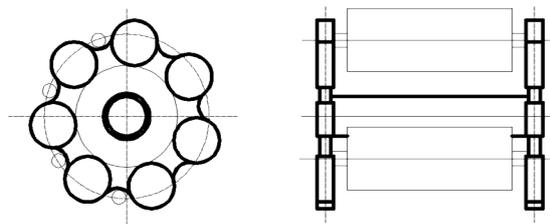
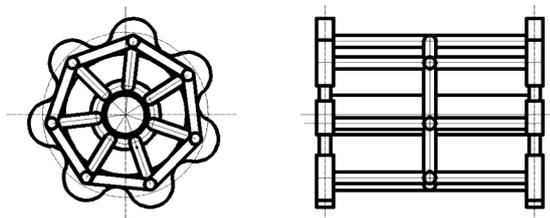


Рисунок 1 – Схема базовой конструкции гидроэлектрической установки: 1 – рама; 2 – ведущий вал; 3 – зубчатая шестерня; 4 – генератор; 5 – цевки роликов; 6 – несущие ролики; 7 – промежуточные ролики; 8 – соединительные звенья; 9 – натяжной барабан



Mass		Center of Gravity in CSys 0					
Structural =	118.0241	X=	7.8565E-15	Y=	-6.165E-14	Z=	300.
NonStructural=	0.	X=	0.	Y=	0.	Z=	0.
Total Mass =	118.0241	X=	7.8565E-15	Y=	-6.165E-14	Z=	300.

Рисунок 2 – Базовый вариант конструкции



Mass		Center of Gravity in CSys 0					
Structural =	80.62019	X=	-1.8E-4	Y=	-0.0148033	Z=	300.0002
NonStructural=	0.	X=	0.	Y=	0.	Z=	0.
Total Mass =	80.62019	X=	-1.8E-4	Y=	-0.0148033	Z=	300.0002

Рисунок 3 – Комбинированный вариант конструкции

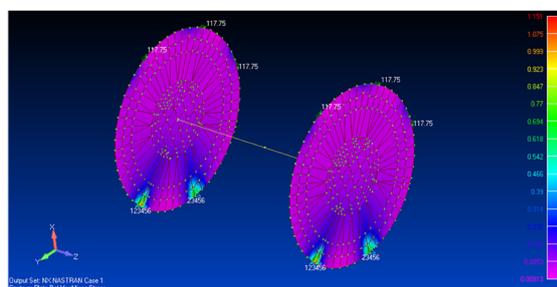


Рисунок 4 – Приведенные напряжения (VonMises), возникающие в базовом варианте конструкции, кг/мм<sup>2</sup>

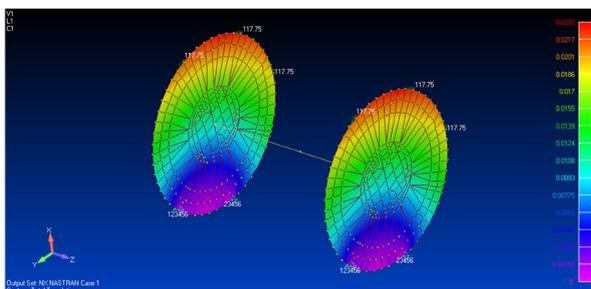


Рисунок 5 – Деформации, возникающие в базовом варианте конструкции, мм

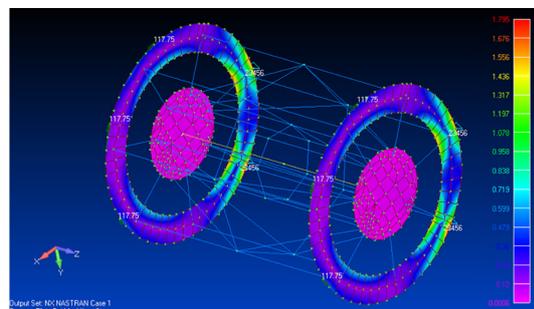


Рисунок 6 – Приведенные напряжения (VonMises), возникающие в комбинированном варианте конструкции, кг/мм<sup>2</sup>

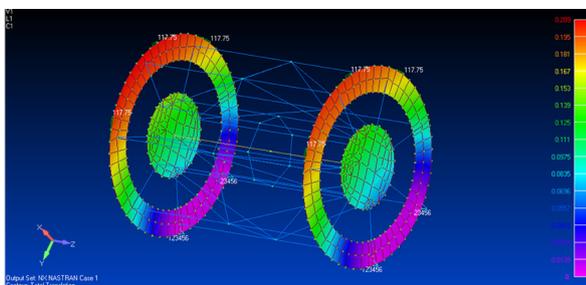


Рисунок 7 – Деформации, возникающие в комбинированном варианте конструкции, мм

Проведён анализ конструкции со следующими габаритными размерами: средний диаметр колес – 500 мм, колея – 650 мм. Материал колеса: сталь 30ХГСА. Диаметр применяемых стержней – 4 мм.

Рассматриваемая конструкция закреплена между двух зубьев. На колеса действует симметричная нагрузка от движения трех роликов в потоке со скоростью 10 м/с.

Конечно-элементный анализ двух типов конструкции свидетельствует об уменьшении ее веса в 1,46 раз (118,02/80,62) при использовании фер-

менно-балочных конструкций. При этом жесткостные характеристики изменяются в пределах нормы (таблица 1, рисунки 4–7) [1].

Таблица 1 – Данные конечно-элементного анализа

Вариант конструкции	Приведенное напряжение (кг/мм <sup>2</sup> )	Деформация, мм	Масса конструкции, кг
Базовый	1,151	0,0232	118,02
Комбинированный	1,795	0,209	80,62

Таким образом, данное исследование доказывает целесообразность использования ферменно-

балочных конструкций для рассматриваемой гидроэлектрической установки.

#### Литература

1. Писаренко Г.С. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев. Киев, 1988.
2. Краснов В.Г. Продольно-поточная гидросиловая установка / В.Г. Краснов, В.Н. Лихачевский, С.П. Калашников. Патент 156588, 2015.
3. Рычков С.П. Моделирование конструкций в среде Femap with Nastran / С.П. Рычков. М.: ДМК-Пресс, 2012.
4. Шимкович Д.Г. Femap&Nastran. Инженерный анализ методом конечных элементов / Д.Г. Шимкович. М., 2008.