



Рис. 4. Изополя эквивалентных напряжения в зоне фундамента под ВРК для случая экстремального нагружения, МПа

*А.Г. Шабала*  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

### **УЧЕТ НЕОДНОРОДНОСТИ ПОТОКА РАБОЧЕЙ СРЕДЫ В РАСЧЕТАХ АЭРОДИНАМИКИ И ПРОЧНОСТИ ВОЗДУШНЫХ ВИНТОВ И ВЕНТИЛЯТОРОВ СУДОВ НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ**

В последнее время стремительно растет численность судов на воздушной подушке разных фирм производителей, конструкций, характеристик и т.д. Одной из наиболее актуальных проблем является обеспечение прочности и износостойкости воздушного винта или винтовентилятора, постоянно функционирующего в воздухе, насыщенном водяными брызгами или песком и пылью, и характеризующемся неустановившимися потоками, турбулизация которых обусловлена неровностями поверхности, над которыми движется судно. Перечисленные обстоятельства выдвигают на первый план требования прочности, защиты входящих кромок лопастей от брызговой и пылевой эрозии.

Доказательством актуальности данной проблемы является также серия поломок, произошедших с воздушными винтами судов на воздушной подушке. На рис. 1, 2 и 3 показаны поврежденные литые лопасти (сплав Ас7ч) воздушного винта диаметром 1,2 м.

Расчет на прочность проводился на специализированном предприятии-изготовителе воздушных винтов. Расчет показал, что винт должен выдерживать 2900 об/мин с рекомендуемым коэффициентом запаса прочности. В то же время, разрушения лопастей воздушных винтов происходили на оборотах 2200–2500 об/мин. Сертифицированная система контроля качества на предприятии-изготовителе воздушных винтов и тот факт, что поломки происходили в разное время на различных судах на воздушной подушке исключает возможность разрушения лопастей вследствие технологических дефектов. Выдвинутое предположение о значительном влиянии неоднородности воздушного потока на прочность воздушных винтов позволяет определить причину вышеуказанных поломок при проведении соответствующих расчетов и экспериментов.



Рис. 1. Разрушенный комель и погнутая вследствие касания внутренней обшивки направляющей насадки лопасть



Рис. 2. Отделенная в результате разрушения часть комля в ступице винта



Рис. 3. Разрушение лопасти

Существующие методики расчета воздушных движителей не учитывают неоднородность рабочей среды. Решение задачи видится на основе применения численных методов и соответствующих программных комплексов, однако численные методы не могут дать удовлетворительного результата без использования экспериментальных данных. В настоящее время большинство существующих методик математически сложны и при этом имеют большие расхождения с практическими данными.

На наш взгляд, перспективными являются такие программные комплексы, как «Flow Vision» или «STAR-CD». Реализованная в них модель дисперсных частиц используется для моделирования двухфазных течений, в которых вещество одной из фаз представлено в виде дисперсных частиц, причем объемная доля, занимаемая этими частицами, невелика (до 10% объема). Примерами таких течений являются разбрызганные в потоке воздуха капли воды, а также твердые частицы. Вещество, образующее основную фазу, полагается сплошной средой, и его течение моделируется уравнениями Навье–Стокса (или Рейнольдса) и неразрывности. Вещество, присутствующее в потоке в виде дискретных частиц, не образует сплошную среду, отдельные частицы взаимодействуют с потоком основной фазы и друг с другом дискретно. Для моделирования движения частиц рассеянной фазы используется подход Лагранжа, т.е. отслеживается движение отдельно взятых частиц рассеянной фазы под действием сил со стороны потока основной фазы.

Для анализа воздействия неоднородного потока на лопасти воздушного винта в современных программных комплексах реализовано несколько граничных условий, соответствующих различным событиям, происходящим при соударении дискретной частицы с твердой стенкой: отскок в результате упругого или неупругого удара, прилипание к стенке, проскальзывание вдоль стенки и другое.

Современные программные комплексы позволяют смоделировать воздействие неоднородной рабочей среды на воздушные винты и винтовентиляторы СВП и получить отличия в напряженно-деформированном состоянии лопасти от «классической» теории расчета воздушных движителей. На основании этого анализа могут быть предложены научно обоснованные методы защиты воздушных винтов и винтовентиляторов СВП от внешних силовых воздействий.

**В.М. Шмаков**  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

## **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПРОПУЛЬСИВНОГО КОМПЛЕКСА СУДНА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ**

Рассмотрена возможность оценки состояния пропульсивного комплекса судна с позиций эффективности его действия по результатам теплотехнического контроля теплохода с помощью математической модели, описывающей существующее взаимодействие между составляющими пропульсивного комплекса.

С увеличением срока эксплуатации судна характеристики составляющих пропульсивного комплекса (сопротивление движению от скорости хода судна, гидродинамические характеристики гребного винта и зависимость эффективной мощности двигателя от частоты вращения) ухудшаются под воздействием внешних факторов.