

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОКРУЖНОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ НА РАБОТУ ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА

А.В. Меняйлов¹, Д.В. Ворошнин², А.С. Муравейко², О.В. Маракуева²

¹АО «Мотор Сич», Запорожье, Украина, myenyaylov@ukr.net

²ООО «НУМЕКА», Санкт-Петербург, d.voroshnin@numeca-ru.com

Для получения сертификата на эксплуатацию летательного аппарата требуется проведение испытаний по оценке влияния эксплуатационных условий на устойчивую работу авиационного ГТД. Поэтому предварительно проводятся стендовые испытания ГТД с определением величины неоднородности поля давления на входе в двигатель. Неоднородность давления создается с помощью различных пластин, затеняющих вход.

Количество точек замеров давления в стендовых испытаниях ограничено в силу загромождения потока приемниками, поэтому экспериментальная оценка неоднородности может не отражать реальной картины.

Цель работы - создание расчетной модели входной системы и рабочего колеса (РК) вертолетного двигателя для оценки неоднородности потока. Входная часть включает в себя патрубок и ферму. Затенение потока осуществляется путем установления пластины перед фермой в различных положениях (Рис.1).

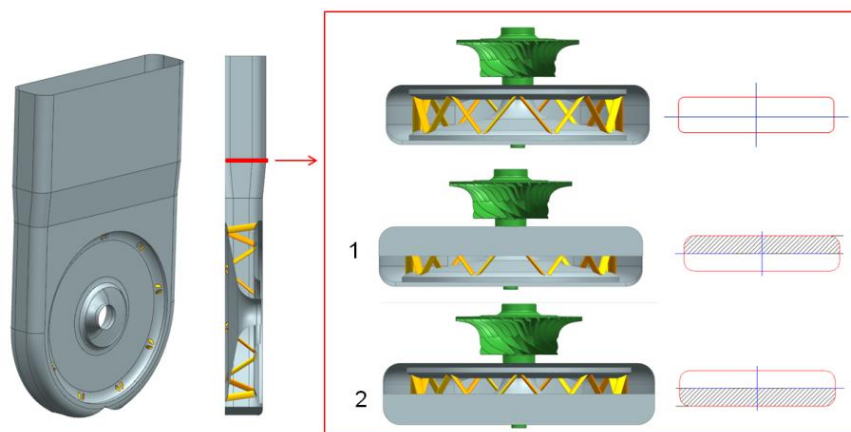


Рис.1. Геометрическая модель исследуемого объекта.

Замеры полного давления в эксперименте проведены в сечении перед РК на расстоянии 30 мм. Рассматривалось 7 положений по окружности и 4 точки по высоте, всего 28 замеров. Измерения осуществлялись в течение 10 секунд с частотой 50 Гц, после чего находилось среднее значение.

Расчетное исследование проведено в специализированном ПК *Numeca Fine/Turbo*, во всех расчетах не учитывалась диффузорная система. Расчетная сетка - блочно-структурированная гексагональная, включающая в себя 18

млн ячеек. На первом этапе для оценки течения в РК проведены расчеты в стационарной постановке на всех режимах работы без учета входного патрубка. Анализ показал, что на низких режимах в точке экспериментальной оценки неоднородности колесо находится в срыве, формирование нестационарной вихревой структуры в колесе обуславливает высокий уровень неоднородности, полученный в эксперименте и расчете. Поэтому оценка окружной неравномерности на низких режимах не совсем корректна.

Последующие расчеты проведены с учетом входной системы с использованием нелинейного гармонического метода NLH. В расчете с 5-ю гармониками существенная часть входной неравномерности сглаживалась после прохождения ротор-статор интерфейса, поэтому в дальнейшем анализе использовались 10 гармоник.

Влияние положения пластины на входе рассматривалось для 95% частоты вращения РК. Проведено 3 расчета с учетом входного патрубка: без пластины, пластина ближе к редуктору и соплу (Рис.2).

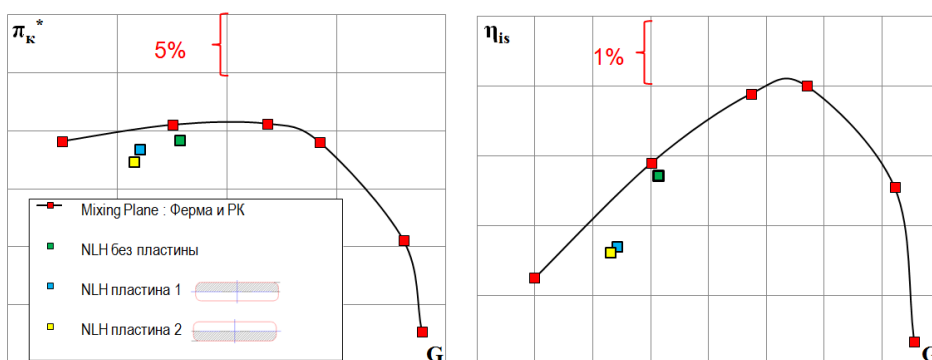


Рис.2. Интегральные параметры на частоте вращения РК 95%.

Осредненная неоднородность поля полного давления перед РК зависит от положения пластины (Рис.3). Неоднородность вдоль канала перед РК эволюционирует: при приближении к РК зона вторичных течений вблизи периферии в верхнем секторе увеличивается.

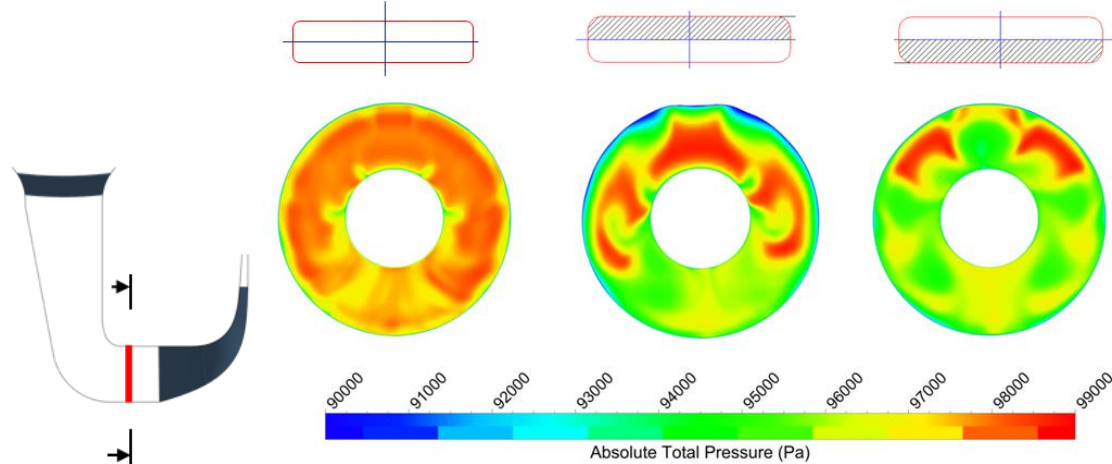


Рис.3. Осредненная неоднородность давления перед РК.

Для расчетов с пластиной проводилось сравнение окружных эпюр давления в сечении перед РК на разных радиусах: экспериментальной с 7-ю замераами по окружности и расчетных с 7-ю и 120-ю замераами. Сравнение показало, что 7-ми точек замеров по окружности недостаточно для оценки неоднородности, высока вероятность попадания в локальный экстремум.

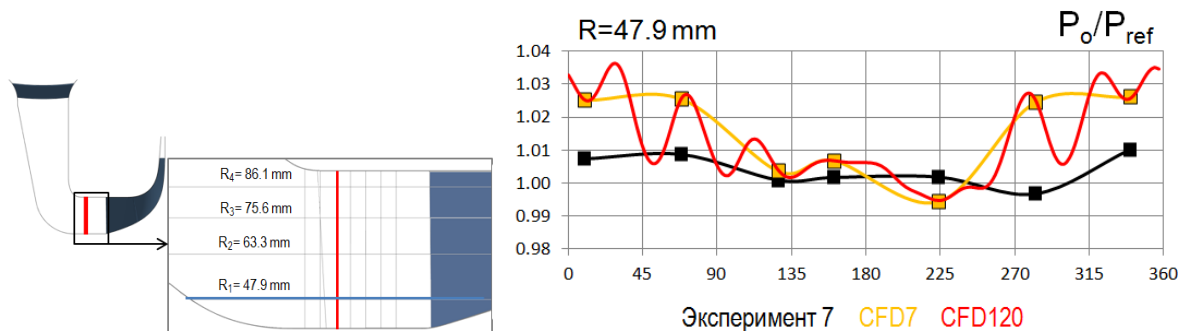


Рис.4. Распределение по окружности осредненного полного давления.

В эксперименте использовались приемники давления, учитывающие только осевую компоненту скорости, в то время как в течении присутствуют значительные зоны с большими углами закрутки, определенное таким образом давление не является полным. Необходимо отметить, что приемники на одинаковом угловом положении собраны в короб, имеющий большие габариты. 7 коробов в канале могут вносить сильные возмущения в течение.

Влияние РК на уровень неоднородности незначительно, что подтвердили расчеты без него.

Так как глобальной целью работ по исследованию входной неоднородности является оценка влияния затенения на работу и запасы ГДУ компрессора, анализировалось осреднённое во времени распределение полного давления и за РК. Высокая неоднородность, которая может сильно ухудшать работу диффузорной системы, присутствует при всех положениях пластины.

Расчетная оценка неоднородности потока на входе в вертолетный двигатель показала несовершенство экспериментальных замеров в силу малого количества приемников, их сильного влияния на поток, неверной оценки полного давления. Анализ неравномерности на низких режимах работы неэффективен из-за срывной работы РК. В дальнейшем предполагается включение геометрии приемников в расчетную модель и рассмотрение других положений пластин.

Литература

1. Japikse D. "Introduction to Turbomachinery", Concepts ETI, Inc., 1997.

2. C. Hirsch, Numerical Computation of Internal & External Flows: the Fundamentals of Computational Fluid Dynamics, 2nd ed. Elsevier, 2007.
3. NUMECA Int., "Flow Integrated Environment", User Manual, Numeca Int., Brussels, Belgium, 2014.