

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О РАБОТОСПОСОБНОСТИ
НЕПОСРЕДСТВЕННОГО РЕАКТИВНОГО ПРИВОДА ВОЗДУШНОГО ВИНТА.
(Gluk Конвертоплан. Ответ #255 - 08.04.11 :: 05:01:05)**

Геометрические данные установки. Именно, которые в расчёте на данный период:

Воздушный винт	Приводной компрессор
диаметр $D_{вв} = 1,2\text{м.}$	диаметр рабочего колеса $D_k = 230\text{мм.}$
число лопастей $z = Z_{с\text{РП}} = 8$	угловая скорость ротора $\omega_k = 3660$
суммарная площадь лоп. = $0,8\text{м}^2$	$\omega_k = 421$
установочный угол в конколе 40° консоль 7°	Обороты ротора ПК $n_k = 35.000$
крутка = 33°	степень повышения давления в ПК $\Pi_{ПК} = 2,5$
обороты ВВ = 3500	производительность ПК $M_v = 2 \text{ кг/с}$
угловая скорость ВВ $\omega_{в.в.} = 367$	Перед. число муфта $i = 10$ (от ВВ к ПК)
окружная скорость консоли ВВ $\omega_r = 220\text{м/с}$	Усилие одного реакт. сопла $T = 10 \text{ кгс}$

Анализируя условия поставленной задачи, можно отметить следующие моменты:

1. Избыточность данных, которые не используются в расчете реактивного привода ВВ или дублируют друг друга. Величина D_k , хотя и влияет на результаты расчета, из рассмотрения исключена – расчет оценочный. Все параметры этой группы выделены дополнительным цветом.

2. Недостаточность данных:

- величины мощности ВВ, требуемой для получения тяги;
- величины подогрева воздуха (газа) в КС, что может быть компенсировано величиной T ;
- КПД приводного компрессора (ПК);
- КПД канального (лопастного) нагнетателя;
- исходных условий по высоте и состоянию атмосферы.

Недостаточность данных компенсируем следующим образом:

- принимаем полезную мощность ВВ $N_{вв} = 0$, т.е. вся мощность РП ВВ будет затрачена на привод ПК;
- при расчете баланса мощностей используем величину усилия T без привязки к величине подогрева;
- примем величину КПД_{ПК} = $0,75$, канального нагнетателя – КПД_{КН} = $0,7$;
- атмосферные условия МСА ($T_0^* = 288\text{К}$, $P^* = 101325\text{Па}$) при $H = 0$ и скорости полета $V_{п} = 0$.

Примечания:

1. наименование, обозначение и размерность параметров, входящих в приводимые формулы, соответствуют таблице исходных данных задачи, если не оговорено особо.

2. Решение задачи будет сопровождаться комментариями, поясняющими суть отклонения ответов Владимир Александрович, Ответ #297 – 15.04.11:: 18:04:25 в теме «Конвертоплан».

РЕШЕНИЕ.

Расчет достаточности тяги РП для привода ВВ производим из условия обеспечения баланса располагаемой и потребной мощностей в соответствии с условиями задачи, с учетом принятых дополнений, исходя из величины тяги одного сопла РП.

Комментарий: Решение задачи путем произвольного выбора величины скорости истечения газа из сопел РП или температуры газа на выходе из КС не корректно, не обосновано и всегда может быть оспорено постановщиком задачи или оппонентом. **Некорректность задания данных не должна усугубляться некорректностью выбора пути решения задачи** – к отклонению ответа 1.

В рассматриваемой задаче, мощность РП ВВ, расходуется на создание тяги ВВ, привод ПК и перемещение-сжатие воздуха в канальном (лопастном) нагнетателе, что может быть выражено следующим уравнением баланса мощностей:

$$N_{РП} = N_{ВВ} + N_{ПК} + N_{КН} \quad (1)$$

где: $N_{РП} = (T_{\Sigma} * \omega_r)$ – мощность РП ВВ (Вт); $T_{\Sigma} = (T * Z_{с\text{РП}})$ – суммарная тяга РП (Н);

$N_{ВВ}$ – мощность ВВ, расходуемая на создание тягового усилия ВВ (Вт) – здесь $N_{ВВ} = 0$.

$N_{ПК} = 1005 * (T_0^*) * (\Pi_{ПК}^{0,286} - 1) * M_v / \text{КПД}_{ПК}$ – мощность привода ПК (Вт)

Комментарий: Мощность привода ПК может быть определена через разницу температур на выходе и входе компрессора

$$N_{ПК} = 1005 * (T_2^* - T_0^*) * M_{в}, \text{ где } T_2^* = (T_0^*) * (1 + (ПИ_{ПК}^{0,286} - 1) / КПД_{ПК})$$

Таким образом, уравнения для определения $N_{ПК}$ через $(ПИ_{ПК}; КПД_{ПК})$ и $(T_2^* - T_0^*)$ идентичны и могут быть получены друг из друга соответствующими подстановками. **Величина $(КПД_{ПК})$ учитывается при определении T_2^* , повторно при расчете $N_{ПК}$ использована быть не может, как предлагается в ответе 5.**

$N_{КН} = M_{в} * H_{КН}$ – мощность, потребляемая канальным (лопастным) нагнетателем на сжатие и перемещение воздуха в каналах лопасти (Вт); $H_{КН} = (wr)^2$ – удельная работа канального нагнетателя (КН) по уравнению. Эйлера применительно к радиальной машине (с подводом рабочего тела от центра вращения).

Комментарий: Удельная работа канального нагнетателя (КН) по уравнению. Эйлера применительно к радиальной машине $H_{КН} = (wr_{вых})^2 - (wr_{вх})^2$ не содержит указаний на природу сил, действующих в работе КН и – о радость поклонников «вечных» двигателей! – не содержит множителя «0,5» перед уменьшаемым и вычитаемым. Однако радость преждевременна: здесь работа расходуется на сжатие и перемещение рабочего тела под действием ДВУХ сил – центробежной и Кориолиса. Распределение работы КН на работу сжатия и потери зависит от многих факторов и в предварительном расчете учитывается через $КПД_{КН}$ и коэффициент восстановления давления, относимый к потерям давления в камере сгорания. **Допустимо в предварительном расчете не учитывать влияние канального нагнетателя на величины давления и температуры воздуха на входе в камеру сгорания (или перед соплами РП), но исключение учета затрат мощности на канальный нагнетатель из баланса мощностей приводит к значительным ошибкам в расчетах РП – поэтому отклонен ответ 7.**

Расстраиваться тоже не стоит. На данной «тонкости» спотыкаются многие, кто редко сталкивается с процессами, происходящими в центробежных компрессорах (нагнетателях). В т.ч. специалисты и, когда-то, автор этих строк.

Используя приведенные зависимости, определяем величины располагаемой мощности РП ($N_{РП}$) и потребных мощностей ($N_{ПК}$ и $N_{КН}$):

$$N_{РП} = (T_{\Sigma} * wr) = 9,81 * (8 * 10) * 220 = 172656 \text{ Вт} = 172,6 \text{ кВт}$$

$$N_{ПК} = 1005 * 288 * (2,5^{0,286} - 1) * 2 / 0,75 = 231246 \text{ Вт} = 231,2 \text{ кВт}$$

$$N_{КН} = 2 * 220^2 = 96800 \text{ Вт} = 96,8 \text{ кВт}$$

Имеем отсутствие баланса мощностей по уравнению (1) $172,6 \ll (231,2 + 96,8) = 328$ – дефицит мощности РП при заявленной тяге одного сопла $T = 10$ кгс составит 155,4 кВт. Мощности РП не достаточно даже для выхода ВВ на расчетный режим по частоте вращения

Комментарий: Игнорирование учета $N_{КН}$ привело бы к занижению дефицита мощности РП почти на 2/3, что при выработке последующих мер по устранению несоответствия, привело бы к ошибочным решениям.

При заданных параметрах ПК и принятом $КПД_{ПК}$, температура воздуха за ПК составит $T_2^* = 288 * (1 + (2,5^{0,286} - 1) / 0,75) = 403$ (к), что отличается от величины, указанной в ответе 4 ($T_2^* = 499$ К). Соответственно потребная работа привода ПК, вычисленная через разность температур, составит $N_{ПК} = 1005 * (403 - 288) * 2 = 1005 * 115 * 2 = 231150 \text{ Вт} = 231,15 \text{ кВт}$, что хорошо согласуется с величиной $N_{ПК}$, вычисленной через $(ПИ_{ПК}; КПД_{ПК})$, и значительно отличается от $N_{ПК} = 425,38 \text{ кВт}$, указанной в ответе 4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Непосредственный реактивный привод воздушного винта компрессорного типа с подогревом воздуха (газа) в КС лопасти - при заданной величине тяги одного сопла, параметрах приводного компрессора и окружной скорости вращения ВВ – НЕ РАБОТОСПОСОБЕН.

Но хочется!.. Как быть, что делать?..

Конец первой части.