

УДК 628.26

Е.И.Окунев (асп., каф. ТДУ), В.А.Рассохин, д.т.н., проф.

## СОЗДАНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ УСТАНОВКИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ НА БАЗЕ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

В настоящее время в России отмечается устойчивая тенденция к децентрализации электро- и теплоснабжения, переходу к использованию автономных электрических и тепловых систем. Это обусловлено различными факторами: неопределенность реформы энергосистемы страны, неподконтрольность ценовой политики естественных монополистов, изношенность основных фондов энергосетей и генерирующих мощностей, неоптимальность системы энергоснабжения и т.д. Внедрение автономных электростанций способствует снижению потерь в энергосетях и делает возможной оптимизацию всей системы энергоснабжения.

К оборудованию автономных электростанций предъявляются определённые требования: высокая надёжность и простота в эксплуатации, низкие капитальные затраты и эксплуатационные расходы, возможность широкой автоматизации, высокая термическая эффективность, хорошие маневренные качества. Наиболее полно этим требованиям удовлетворяют газопаровые установки (ГПУ) с котлом-утилизатором. В связи с этим возникает спрос на газотурбинные установки (ГТУ) малой мощности пригодных к использованию в ГПУ: недорогих, с коротким сроком разработки и возможностью создания линейки модификаций для удовлетворения запросов потребителя.

Одновременно в России образовался значительный парк авиационных двигателей, не используемых по назначению. Это вызвано прежде всего: отработкой двигателями лётного ресурса, кризисом на мировом рынке авиаперевозок, списанием значительного количества воздушных судов, несоответствием двигателей нормам ИКАО, проводимой политикой в отношении производителей отечественной авиатехники и авиаперевозчиков. Речь идет о десятках тысяч двигателей, при этом большая их часть находится в эксплуатации, либо может быть отремонтирована.

Так, например, из двигателей АИ-25 60% находятся в эксплуатации, 35% находятся в составе ремфонда и 5% составляют резерв. При этом 30% двигателей не отработали 12 000 часов (назначенный ресурс АИ-25 – 18 000 часов). Из двигателей АИ-20 49% находится в эксплуатации, 47,4% состоит в ремфонде, 3,6% находится в резерве. Не отработали 12 000 часов 45% двигателей (при назначенном ресурсе 20 000 часов). Из двигателей Д-36 35% находится в эксплуатации, 64% в составе ремфонда, около 1 % находится в резерве и 9% близки к отработке установленного назначенного ресурса. Для наиболее массовых двигателей, работающих в диапазоне мощности 2000 – 3000 л.с. эти цифры ещё более впечатляют. Из общего количества более 23500 двигателей всех серий ТВ3-117, на воздушных судах используются более 10000 двигателей. Основной парк этих авиадвигателей продолжает оставаться новым, не отработавшим ресурс до 1-го ремонта. Нарботка с начала эксплуатации только у менее 0,5% двигателей превысила 2000 летных часов. Нарботку в интервале от 0 до 1000 летных часов имеют около 63% двигателей. Малые наработки на двигатель определили незначительное количество проведенных ремонтов – только 20% двигателей прошли первый ремонт, более одного ремонта выполнено всего лишь на 1,1% парка двигателей.

Для составления теплового баланса ГПУ с котлом-утилизатором, был произведён анализ потерь тепла на выходе из авиадвигателей в наземных условиях.

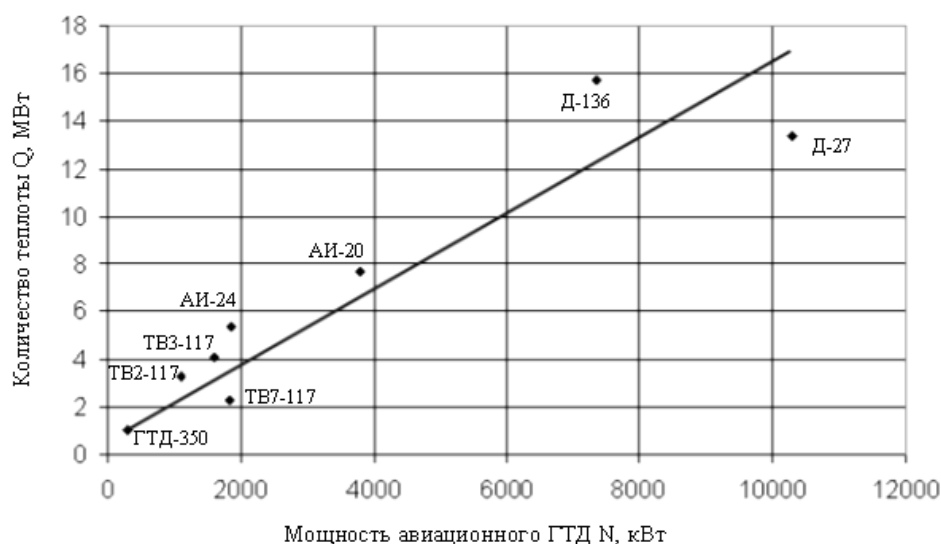


Рис. 1. Количество теплоты, которое может быть передано паротурбинному контуру

Количество теплоты, которое может быть передано паротурбинному контуру в котле-утилизаторе, можно оценить по формуле:

$$Q = C_{\text{пр}} \cdot (T_4 - T_{\text{yx}}) \cdot G_{\text{г}},$$

где  $Q$  – количество теплоты,  $C_{\text{пр}}$  – средняя теплоёмкость продуктов сгорания,  $G_{\text{г}}$  – расход продуктов сгорания,  $T_4$  – температура потока за турбиной,  $T_{\text{yx}} = 120^\circ\text{C}$  – температура уходящих газов в котле-утилизаторе. Результаты анализа представлены на рис. 1.

Затем был проведён термодинамический анализ паровых турбин в следующем диапазоне начальных параметров: давление пара на входе  $P_0^* = 1...11\text{МПа}$ , температура на входе  $T_0^* = 600...900\text{K}$ , давление на выходе  $P_2 = 0,03 \cdot 10^5...6 \cdot 10^5\text{ Па}$ .

Анализ показал, что располагаемая мощность  $N_{\text{рас}}$  и термический КПД  $\eta_t$  прямо пропорциональны  $P_0^*$  и  $T_0^*$  и обратно пропорциональны  $P_2$ . В то же время,  $N_{\text{рас}}$  и  $\eta_t$  интенсивно растут в интервале давлений  $(10...50) \cdot 10^5\text{ Па}$ , а затем их рост заметно замедляется. Например, при переходе от начального давления  $40 \cdot 10^5\text{ Па}$  к начальному давлению  $80 \cdot 10^5\text{ Па}$ , при условии сохранения той же температуры и противодействия, рост располагаемой мощности увеличится для конденсационных турбин примерно на 70 кВт, а для противоавиационных – 100 кВт. Важно отметить, что располагаемая мощность рассчитывалась по изоэнтальпийному перепаду до степени сухости пара 85%, а термический КПД – для схемы без регенеративного подогрева питательной воды.

Таким образом, предлагаются принципы построения комбинированных газопаровых установок на базе авиационных двигателей с использованием паротурбинных установок с высокими начальными параметрами пара и противодействием близким к атмосферному. Реализация этих принципов позволит создать компактные комбинированные установки с хорошими массогабаритными характеристиками. Анализ этих характеристик показывает, что предлагаемые комбинированные установки могут быть установлены на стандартных транспортных средствах, что обеспечивает их высокую мобильность и автономность. Использование вместо котла-утилизатора теплофикационного котла может обеспечить тепловой энергией потребителя, что определяет принцип многоцелевого назначения автономных установок.