

ствуют относительному смещению подвижного сектора. Задача состоит в том, чтобы выяснить, достаточно ли сил трения для обеспечения относительного равновесия подвижного сектора. Отметим, что наиболее опасным является разгон фрезы, в процессе которого угловое ускорение достигает 600–900 с<sup>-2</sup>.

Анализ распределения сил инерции показал, что в процессе разгона фрезы следует выделить два этапа. На первом, начальном этапе угловая скорость и, соответственно, центробежная сила инерции не велики, касательные силы инерции и момент сил инерции приводят к перекосу подвижного сектора и его касанию с корпусом в двух противоположных точках. На втором этапе центробежные силы инерции прижимают подвижный сектор по всей поверхности “ласточкина хвоста”, а касательные силы инерции лишь перераспределяют давление по этой поверхности. Расчеты позволили определить, что продолжительность первого этапа составляет сотые доли секунды, и лишь в самом начале разгона сил трения недостаточно для фиксации положения подвижного сектора. Однако дополнительное усилие, требуемое для его фиксации, не велико, и достаточно использовать небольшой стопорный винт.

#### Литература

1. *Амалицкий В.В.* Деревообрабатывающие станки и инструменты / В. В. Амалицкий М.: Академия, 2007.
2. *Гришкевич А.А.* Экспериментальная установка для исследования процесса фрезерования древесины и древесных материалов / А. А. Гришкевич, А. Ф. Аникеенко // Труды БГТУ. Лесная и деревообр. промышл. Минск, 2005. Вып XIII. Сер. II. С. 202–204.
3. *Аникеенко А.Ф.* Анализ относительного равновесия подвижного сектора деревообрабатывающей фрезы / А. Ф. Аникеенко, П. С. Бобылёв, В. С. Вихренко // Теоретическая и прикладная механика. Междунар. научно-технич. сб. Мн.: БНТУ, 2013. Вып. 28. С. 104–108.

©ГГТУ им. П.О. Сухого

## ГАЗОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ НА БАЗЕ КОНВЕРТИРОВАННЫХ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

**В.В. БОЛОТИН, А.В. ШАПОВАЛОВ, А.В. ОВСЯННИК**

The purpose of the paper is to suggest the new way of developing the generating capacities in power engineering of Belarus. This way is characterized by decentralization of power production by means of introducing the local sources of supplying the consumers with energy based on the combined heat and electric power generation by the units based on the converted aircraft engines. The paper is also aimed at evaluating the cost efficiency of introducing it into power engineering and analyzing possible ways of further development of aircraft engine based power supply sources in power engineering of Belarus

Ключевые слова: газотурбинная установка, конвертированный, децентрализация

Эффективным направлением развития теплоэнергетики Беларуси является децентрализация энергоснабжения с применением конвертированных авиационных двигателей. Использование новой для Беларуси технологии производства электрической и тепловой энергии на базе конвертированных авиационных двигателей является особенно актуальным для небольших населенных пунктов. Установка может работать как автономно, так и в составе крупных промышленных предприятий и крупных ТЭЦ, как резерв для погашения пиковых нагрузок, имеет не большой срок окупаемости и сокращенные сроки монтажа, а также низкий уровень шума (до 80 дБА) [2, с. 269]. Децентрализация энергоснабжения оказывается выгодной для конечного потребителя, который может быть владельцем независимого источника энергоснабжения.

Весьма популярной и наиболее часто применяемой является газотурбинная установка на базе двигателя АИ-20, относительно которой были проведены исследования и выполнены расчеты основных показателей [2, с. 260]. Газотурбинная теплоэлектроцентраль с установленной электрической мощностью 7500 кВт состоит из трех газотурбогенераторов с турбовинтовыми двигателями АИ-20 номинальной электрической мощностью 2500 кВт каждый. Тепловая мощность составляет 15,7 МВт (13,53 Гкал/ч). За каждым газотурбогенератором установлен газовый подогреватель сетевой воды (ГПСВ) с оребренными трубами для подогрева воды отработавшими газами на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения населенного пункта.

На основании выполненного теплового расчета и технических данных установки получили технико-экономические показатели в соответствии с алгоритмом расчета [1, с. 35].

Экономические расчеты показывают, что основные преимущества установок сводятся к следующим: низкие удельные капиталовложения в установки (4,03 руб./кВт·ч); высокие показатели рентабельности и внутренней ставки доходности (27,64% и 50,54% соответственно); малый срок окупаемости капиталовложений (до 6,5 лет), при реализации проектов за собственные средства, при этом, срок строительства может составлять от нескольких недель до двух месяцев при монтаже небольших установок электрической мощностью до 7,5 МВт; возможность полной автоматизации станции.

Перспективным является применение простейших стационарных авиационных газотурбинных установок для покрытия остропиковых нагрузок. У обычной газовой турбины время до принятия нагрузки после старта из прогретого состояния составляет 15–17 минут, а из холодного состояния до 40 минут [3, с. 163]. Газотурбинные станции с авиационными турбореактивными двигателями очень маневренны, требуют малого (5–12 мин) времени на пуск из холодного состояния и до 7 минут при пуске из прогретого состояния до принятия полной нагрузки, что обеспечивает их эффективное использование в качестве аварийного резерва.

#### Литература

1. Кулагин В.В. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок.- М.: Москва // Машиностроение. 2005. С. 35–44.
2. Шварц В.А. Конструкции газотурбинных установок, 4 изд.- М.: Москва // Машиностроение. 2002. С. 260–272.
3. Уваров В.В. Газовые турбины и газотурбинные установки.- М.: Москва // Высшая школа. 1970. С. 163.

©ПГУ

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ГРУНТА В РАЙОНЕ ЗАЛЕГАНИЯ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА

*А.Л. БОРЗДОВ, А.П. АНДРИЕВСКИЙ*

In this research work was the problem of determining the soil temperature at the depth of pipeline used in the calculation of gas reserves in the piping system, which in the normal calculation shall be equal to the monthly average, which leads to computational errors, especially during the months of change. Proposed settlement of a non-standard model for calculating heat transfer in soil

Ключевые слова: магистральный газопровод, определение температуры

Развитие технологии, требований безопасности в области магистрального транспорта газа требует постоянного усовершенствования точности учета количества газа в газотранспортной системе ОАО «Газпром трансгаз Беларусь». Коммерческий ежемесячный учет количества газа, потребляемого и транспортируемого по территории РБ, производится с высокой точностью по данным расходов газа в газоизмерительных станциях (Смоленск, Котловка, Вороново и др.) и ГРС, т.е. в точках отбора, начальных и конечных точках газопровода (незначительные погрешности возникают только из-за неучтенных расходов газа на свечах).

Но в обязанности диспетчеров УМГ (управлений магистральных газопроводов) входит составление в конце смены отчета о количестве газа по каждому УМГ, т.е. ежедневно. В этом случае балансовый метод учета невозможен. Количество газа вычисляют по параметрам состояния: давлению и температуре. Температуру вычисляют по уравнению Шухова, с уточнением Джоуля-Томпсона. Среди других величин, для вычисления требуется температура окружающей среды, т.е. температуры грунта на уровне залегания трубопровода. Ее принимают по среднемесячным данным. Но температура грунта изменяется постоянно (а она в свою очередь больше всего зависит от температуры воздуха). И диспетчеры обнаруживают некорректность вычислений на стыке месяцев. Т.к. температура воздуха — основной влияющий фактор, то наша цель — подобрать метод, отличный от классических методов подсчета значений тепловых потоков и оценить влияние сезонной неравномерности температуры на ее значение на глубине почвенного массива. Влиянию месячной неравномерности температуры грунта на расчет запаса газа и посвящена данная работа. Задачу теплопередачи в грунт я интерпретировал в модель затухания температурной волны при периодическом изменении температуры на поверхности массива, т.е. был применен метод, описанный Кулжинским [1] На примере методанных двух летних месяцев был произведен расчет и выявлена погрешность программного комплекса NormPro, разработанного на кафедре университета и предназначенной для расчета запаса газа в газотранспортной системе ОАО «Газпром трансгаз Беларусь», который для температурного расчета в качестве температуры окружающей среды используется среднемесячное значение температуры грунта. Абсолютная погрешность учитываемой температуры NormPro при расчете запаса газа при смене месяцев 5,45 °С, что в данных условиях приведет к ошибке в подсчете газа до 2 %. Это значит, что внедрение уточненного теплового расчета в NormPro вполне обоснованно, если требуется более точный расчет.

#### Литература

1. Кулжинский Ю.И. Определение теплопотерь через строительные конструкции подземных сооружений 1960г.

©МГУП

### РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОБИОТИЧЕСКОГО КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТА

*Е.В. БОРИСЕНКО, Н.В. МИКУЛИЧ, Т.Л. ШУЛЯК, О.И. СКОКОВА*

In this paper there were studied the most promising compositions of lactobacilli and bifidobacteria strains that can be included in the composition of bacterial probiotic preparation for the production of fermented dairy products of functional pur-