

непланового ремонта оснащаются ремонтным оборудованием ограниченной номенклатуры, обеспечивающей устранение наиболее часто встречающихся неисправностей машин. Основное оборудование, приборы и инструмент помещают в утепленных кузовах, смонтированных на шасси автомобилей.

Для выполнения неплановых ремонтов машин применяют самоходные передвижные мастерские, которые позволяют определять уровень работ по ТО при проведении диагностических операций, а также выполнять ремонтные работы в случае их обнаружен по месту проведения ТО. Такое использование передвижных мастерских сократит плановые перемещения лесной агрегатной техники при проведении работ по ТО-1 и ТО-2. Инструмент и приспособление в передвижных мастерских позволят качественно проводить работы по текущему ремонту на местах. Расчетами было установлено, что использование одной передвижной мастерской на таком предприятии как лесхоз позволит получить экономическую выгоду в размере от 15 до 20 тысяч рублей в год, при наличии 3-4 агрегатных машин.

УДК 536.24

Маг. А. Д. Комаровская

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А. С. Дмитриченко  
(кафедра энергосбережения, гидравлики и теплотехники, БГТУ)

**АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ ОБОБЩЕННЫХ УРАВНЕНИЙ  
ПОДОБИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО  
СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ СЕКЦИЙ  
АППАРАТОВ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ**

Для выявления оптимальных геометрических параметров ребер труб обычно выполняются опытные исследования пучков теплообменных секций с целью определения аэродинамического сопротивления, но они весьма затруднены, дорогостоящи и не позволяют охватить весь возможный диапазон геометрических параметров. Имеется второй более эффективный способ – оптимизация параметров с использованием обобщенного уравнения подобия для расчета аэродинамического сопротивления пучков, обоснованного для типоразмеров биметаллических ребристых труб аппаратов воздушного охлаждения.

Целью исследования является изучение возможности применения одного из известных уравнений для оптимизации расчетов параметров ребрения и компоновки труб в пучках аппаратов воздушного охлаждения.

В целом методика расчета аппарата воздушного охлажде-

ния аналогична расчету кожухотрубных теплообменников. Важным предварительным шагом в расчете аппарата воздушного охлаждения является выбор температуры воздуха на выходе. Этот параметр оказывает существенное влияние на стоимость аппаратов воздушного охлаждения. Повышение температуры воздуха на выходе из аппарата с воздушным охлаждением уменьшает количество необходимого воздуха, что снижает мощность вентилятора и, следовательно, эксплуатационные расходы. Однако это также уменьшает коэффициент теплопередачи со стороны воздуха, что приводит к увеличению размера теплообменника, а, следовательно, и капитальных вложений.

В настоящее время при расчете теплообменных секций аппаратов воздушного охлаждения используются различные методики для вычисления аэродинамического сопротивления. В связи с этим возникает вопрос о точности расчетов данных методик и возможности выбора наиболее предпочтительной из них.

Аэродинамическое сопротивление может определяться по опытным (точным) и обобщенным (приближенным) формулам.

К обобщенным уравнениям аэродинамического сопротивления пучка труб относятся:

- уравнение В.Ф. Юдина (НПО ЦКТИ) [1]:

$$Eu_p = 2,7 \cdot z \cdot C_z \cdot C_\gamma \cdot C_\psi \cdot \left( \frac{l}{d_3} \right)^{0,3} \cdot Re_l^{-0,25} \quad (1)$$

где  $z$  – число поперечных рядов в пучке, шт;

$C_z = f(z)$  – поправочный коэффициент на число поперечных рядов в пучке;

$C_\gamma = f(\gamma)$  – поправочный коэффициент на угол подъема  $\gamma$  винтовой линии спирального ребра;

$C_\psi = f(\psi)$  – поправочный коэффициент на угол атаки  $\psi$  потоком газа пучка орребренных труб;

$l$  – характерная длина орребренной трубы, м;

$d_3$  – эквивалентный диаметр сжатого поперечного сечения пучка, м;

$Re$  – число Рейнольдса.

- уравнение ВТИ [2]:

$$Eu_p = 3\varphi^{0,5} \cdot Re^{-0,25} \cdot c_z' \cdot \sigma_1^{-0,55} \cdot \sigma_2^{-0,5} \quad (2)$$

где  $\varphi$  – коэффициент орребрения;

$c_z'$  – поправочный коэффициент на число поперечных рядов в пучке;

$\sigma_1$  – относительный поперечный шаг, м;

$\sigma_2$  – относительный продольный шаг, м.

- уравнение А. Жукаускаса [3]:

$$Eu_p = 3,2\varphi^{0,5} \cdot Re^{-0,25} \left(\frac{S_1}{d_0}\right)^{-0,55} \left(\frac{S_2}{d_0}\right)^{-0,5} \quad (3)$$

где  $S_1$  – поперечный шаг труб, м;  
 $S_2$  – продольный шаг труб, м;  
 $d_0$  – диаметр трубы по основанию ребра, м.

Расчетное сопротивление на один поперечный ряд шахматного пучка из труб со спиральными ребрами (по обобщенному уравнению А. Жукаускаса) действительно в интервале измерения  $\varphi = 1,5-16,0$ ;  $S_1/d_0 = 1,6-4,13$ ;  $S_2/d_0 = 1,2-2,35$ ;  $Re = 10^3-10^5$ .

К опытным формулам относятся расчеты по методикам, взятым из [1] и др. источников; всего в работе использовалось 16 опытных формул.

Погрешность вычислялась по формуле:

$$\delta Eu = \frac{|Eu - Eu_p|}{Eu} \cdot 100\% \quad (4)$$

где  $Eu$  – опытное аэродинамическое сопротивление пучка труб;

$Eu_p$  – обобщенное аэродинамическое сопротивление пучка труб.

Достоверность полученных результатов оценивалась сравнительным сопоставлением расчетов аэродинамического сопротивления теплообменных секций аппаратов воздушного охлаждения по разным методикам при одинаковых условиях.

Рассмотрение известных обобщающих зависимостей по расчету аэродинамических сопротивлений биметаллических ребристых труб показало, что эти формулы не учитывают все параметры и довольно сложны по структуре. Количества экспериментальных материалов недостаточно для изучения механизма омыwania пучков потоком и для создания надежной методики расчета сопротивления. Однако можно заметить, что наиболее фундаментальное обобщение экспериментальных материалов разных авторов по аэродинамическому сопротивлению пучков труб было выполнено в методике Юдина, охватившей большой диапазон изменения скоростей омывающего потока и параметров оребрения труб.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кунтыш В.Б., Бессонный А.Н., Дрейцер Г.А., Егоров И.Ф. Примеры расчетов нестандартизованных эффективных теплообменников. / Под ред. В.Б. Кунтыша и А.Н. Бессонного. – СПб.: Недра. 2000. – 300 с.
2. Бессонный А.Н. Основы расчета и проектирования теплообменников воздушного охлаждения: Справочник / А.Н. Бессонный, Г.А. Дрейцер, В.Б. Кунтыш. – СПб.: Недра, 1996. – 512 с.

3. Кунтыш В.Б. Обобщенное уравнение аэродинамического сопротивления трубных пучков в аппаратах воздушного охлаждения / В.Б. Кунтыш, А.Э. Пиир.:– Химия и технология топлив и масел, 1979, 31 с.

УДК 674.048

Студ. Д. В. Корогвич

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент П. А. Протас  
(кафедра лесных машин, дорог и технологий  
лесопромышленного производства, БГТУ)

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВОЕНИЯ ТРУДНОДОСТУПНОГО ЛЕСОСЕЧНОГО ФОНДА**

Существенная часть территории лесосечного фонда в Республике Беларусь заболочена и не в полном объеме может быть освоена. Для решения этой проблемы применяются специальные технологии и оборудование при разработке труднодоступных лесосек. Выполненный анализ способов и приемов разработки заболоченных лесосек позволил установить наиболее эффективные и перспективные из них:

- освоение лесосек канатными трелевочными установками;
- учет сезонности при заготовке древесины;
- армирование волоков лесосечными отходами;
- разработка лесосек тракторами с канатно-чокерной оснасткой;
- применение гусеничных и комбинированных типов движителей.

В настоящее время в некоторых европейских странах очень распространен первичный транспорт древесины канатными установками. Например, в Австрии доля использования канатного транспорта древесины в настоящее время составляет более 20 % от общего объема заготовки, в Польше – около 8–10 %. Так же канатные установки применяются в Украине, Чехии, Словении, Финляндии и других странах.

На данный момент на территории страны успешно ведется заготовка древесины на заболоченных лесосеках некоторыми канатными установками: Larix 3T, Larix LamaKo. В Беларуси ведется разработка отечественной канатной установки МТК -431, которая проходит доработку и практическую апробацию.

Применение канатных трелевочных установок эффективно в течение всего года на грунтах III и IV типов местности.

Рассматривая фактор сезонности, можно отметить, что до 30–50% заболоченного лесфонда можно эффективно осваивать даже колесными машинами в сухое лето или зимой, когда почвогрунт промерзает. Однако лучший результат достигается зимой при устойчивых отрицательных температурах  $-10^{\circ}\text{C}$  в течение 2 недель.

Положительную роль при разработке труднодоступного лесфонда играет укрепление трелевочных волоков порубочными остат-