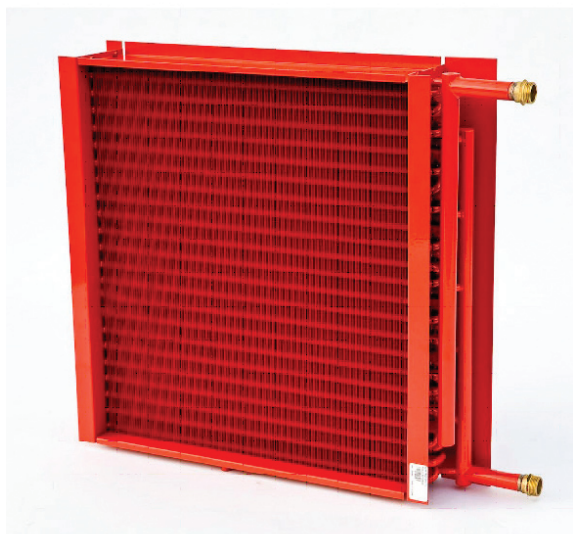


# ЛАМЕЛЕВЫЕ ТЕПЛООБМЕННИКИ: Неприятная правда I. Сторона жидкости.



**Рис. 1.** Ламелевый теплообменник - водяной нагреватель воздуха

Посвящаем серию статей проектированию и применению ламелевых (оребранных) теплообменников, используемых в центральных кондиционерах (АНУ) и приточных установках.

Часто при проектировании и расчете установок кондиционирования возникают проблемы недостатка производительности при дальнейшей реализации проекта из-за того, что в этих установках теплообменники рассматриваются только с точки зрения теплотехники (хладотехники) или наоборот только со стороны воздухотех-

ники. Тем самым возникают разные мифы и легенды, что приводит к ошибкам и недоразумениям. Первая наша статья посвящена водяным нагревателям и охладителям, в которой основное внимание мы уделим параметрам жидкости – воды или незамерзающей смеси.

Типичным примером может служить проект приточной установки, одной из составляющих которой является водный нагреватель (рис.1). Например, для установки требуется теплообменник производительностью 100 кВт при температуре воды на входе +90°C и на выходе +70°C. Простым тепловым расчетом получаем требуемый расход воды - 4,4 м<sup>3</sup>/час (рис. 2, строчка 1).

## Точно подобранный теплообменник и изменение исходных параметров

Обычно производитель проектировщик приточной установки и/или центрального

Vojtěch Harok, Lloyd Coils Europe s.r.o.

кондиционера предлагает заказчику технический проект, включающий и водяной нагреватель, который точно соответствует приведенным заданным условиям.

Через какое-то время, например, через несколько месяцев, условия работы установки по какой-то причине изменятся. И потребуется, например, увеличить производительность на 20% (до 120 кВт). Что обычно делается? Принимается простое решение, с точки зрения энергетического баланса увеличивается расход воды на 20%, т.е. до 5,3 м<sup>3</sup>/час. При этом проверяются возможности имеющегося насоса, и при необходимости он регулируется на новый расход или заменяется на более мощный. И после этого проектировщик забывает об этой проблеме. А на самом деле была совершена ошибка, которая в дальнейшем может стать критичной.

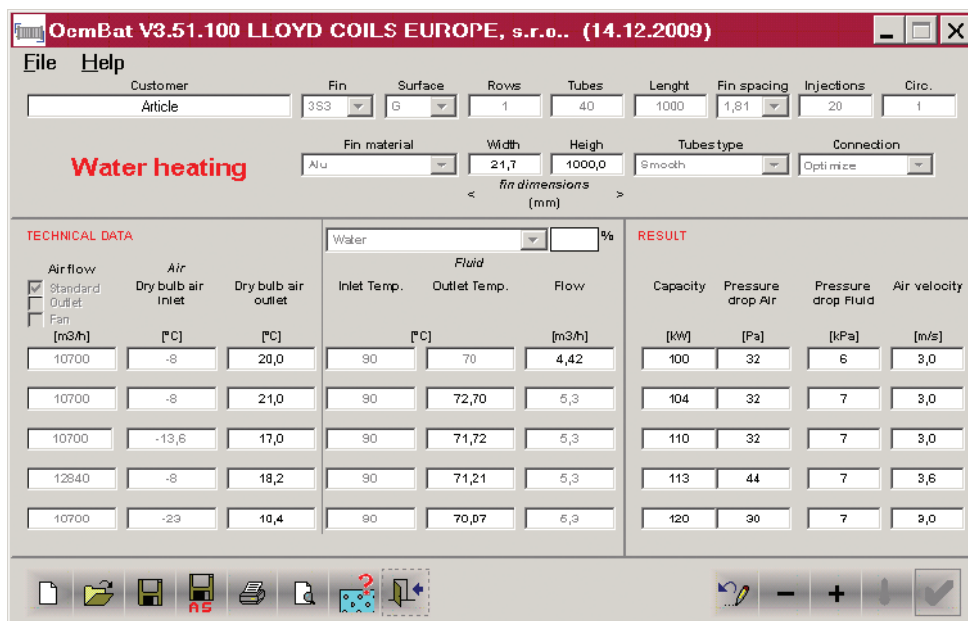
При приемке-передаче объекта может оказаться, что 5-15% производительности не хватает. С большей вероятностью, можно сказать, что и удержать расход

воды на уровне 5,3 м<sup>3</sup> час при температуре воды на входе 90°C и выходе 70°C будет сложно. Почему?

Знающий читатель быстро сообразит: при изменении задания совершенно не учитывались изменение параметров воздуха, разность температур (теплоперепад) воздуха и воды, и что при этом поверхность теплообмена и конструкция теплообменника остались неизменными.

На рис. 2 приведена программная симуляция исходных расчетных параметров ТО и предполагаемые изменения условий. Исходные условия приведены в первой строчке таблицы: требуется нагреть 10700 стандартных м<sup>3</sup> в час от -8°C до +20°C, при параметрах воды вход/выход 90°C/70°C. Точно выбранный теплообменник дает требуемые 100 кВт.

Теперь у нас возникает потребность увеличить производительность на 20%, например, по причине того, что понизилась температура воздуха на входе до -13,6°C. При этом необходимо сохранить температуру воздуха на выходе на том же уровне: + 20°C. Если просто увеличить расход воды через теплообменник (см. строчку 3 в таблице), то результат нас разочарует. При увеличении расхода воды до 5,3 м<sup>3</sup>/час (на 20%) производительность повышается только до 110 кВт, то есть на 10%. Поэтому при сдаче проекта возникнет большая проблема: реальная производительность нагревателя будет на 8% ниже запроектированных 120 кВт.



**Рис.2.** Симуляция 1-рядного водяного нагревателя с проходным воздушным сечением 1000 x 1000 мм, с глубоко профилированными ламелями (ребрами, с шагом ламелей 1,81 мм, с трубками диаметром 9,52 мм при 20 входах воды из коллектора в теплообменник.

## Теоретические расчеты и обоснования

Для расчета теплообменника применяется система следующих 4 уравнений:

I. *Сохранения энергии:* Производительность по воздуху (Переменная 1) = Производительность по жидкости (по воде) (Переменная 2).

II. *Баланс по воздуху:* Производительность по воздуху должна соответствовать расходу воздуха (Переменная 3), состоянию воздуха на входе (Переменная 4) и выходе (Переменная 5).

III. *Баланс по жидкости:* Производительность по жидкости должна соответствовать расходу жидкости (Переменная 6), состоянию жидкости на входе (Переменная 7) и выходе (Переменная 8) (для воды и незамерзающих смесей имеется в виду

температура на входе и выходе).

IV. *Уровнение передачи тепла:* Производительность должна соответствовать логарифмической разности температур воздуха и жидкости, величине поверхности теплопередачи, конструкции теплообменника, скорости течения жидкости в трубках и скорости воздуха при прохождении через теплообменник.

Таким образом, имеем 8 переменных и 4 уравнения. Поскольку при решении этой задачи мы изначально имеем заданный перепад температур по воде, исходное состояние воздуха на входе, расход воздуха (всего 4 переменных), так для конкретного теплообменника имеем 4 уравнения с 4-мя неизвестными. Это означает, что производительность теплообменника, состояние воздуха на выходе и расход

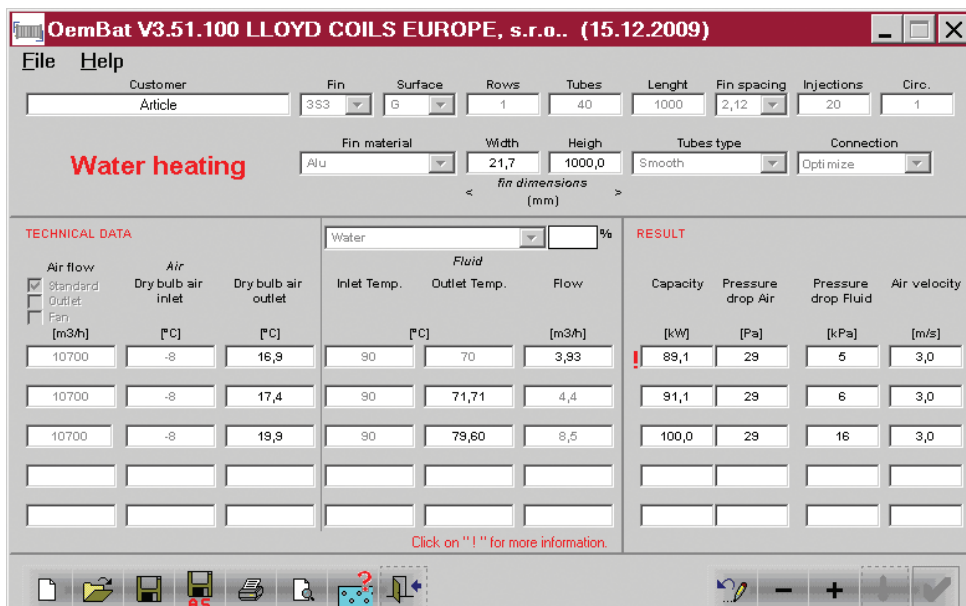


Рис. 3. Симуляция 1-рядного водяного нагревателя с проходным воздушным сечением 1000 x 1000 мм, с шагом ламелей 2,12 мм, с трубками диаметром 9,52 мм при 20 входах воды.

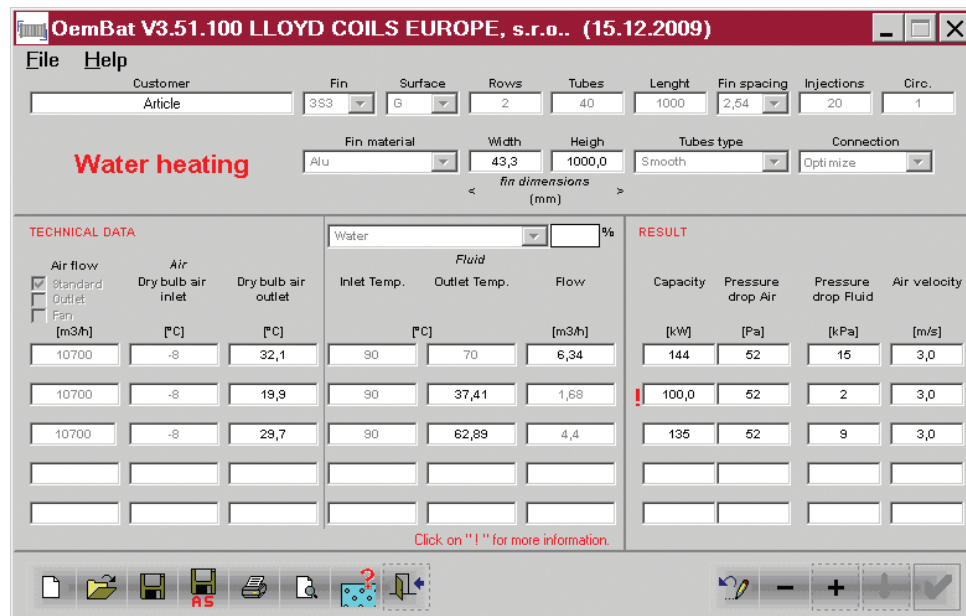


Рис. 4. Симуляция 2-рядного водяного нагревателя с проходным воздушным сечением 1000 x 1000 мм, с шагом ламелей 2,54 мм, с трубками диаметром 9,52 мм при 20 входах воды из коллектора в теплообменник.

обычно от 3 до 12 моделей нагревателей и столько же охладителей. Как же они выходят из положения в случае, если необходимо обеспечить конкретные условия работы теплообменника?

Решаем ту же задачу нагрева 10700 стандартных м<sup>3</sup> в час от -8°C до +20°C, при параметрах воды 90°C/70°C при проходном сечении 1000 x 1000 мм, также как в первом случае производительность должна быть 100 кВт. Однако в данном случае у нас нет готового 1-рядного теплообменника с шагом оребрения 1,81 мм и 20 внутренними входами жидкости, который точно отвечает нашим требованиям, а есть набор стандартных теплообменников, например:

1-рядный ТО с шагом оребрения 2,12 мм и 20 входами жидкости (см. рис. 3)

2-рядный ТО с шагом оребрения 2,54 мм и 20 входами жидкости (см. рис.4).

Очевидно, что мы можем или выдерживать заданный температурный режим жидкости 90°C/70°C, расход воды, или требуемую производительность 100 кВт, но при этом температура воды на выходе будет 37°C вместо 70°C.

Такая же ситуация возникает, когда происходит изменение проектного задания, например, меняются исходные условия, а

жидкости однозначно взаимосвязаны.

### Теплообменник из стандартного ряда приточных установок

С экономических и логических доводов основное большинство производителей приточных установок сегодня использует стандартный набор водяных теплообменников,

теплообменник остается тем же, или наоборот, для тех же условий следует подобрать совсем другой теплообменник.

Таким образом, очевидно, что когда производители приточных установок используют стандартный набор теплообменников и заявляют производительность теплообменника 100 кВт при 90°C/70°C, как заложено в проекте, то здесь речь, скорее всего, идет о фиктивных параметрах. С другой стороны можно понять производителей установок, т.к. проектировщик часто не приемлет производительность 89 кВт или 144 кВт вместо 100 кВт из-за по-

вышенного внимания к стороне воды или из чисто формальных, пуристических соображений или просто от непонимания.

### Выводы

Из всего вышесказанного легко прийти к следующим выводам, важным для понимания правильности расчета теплообменников в системах вентиляции и кондиционирования воздуха:

- Для расчета теплообменника крайне важны параметры воздуха и воды.
- При каждом изменении проектного задания необходимо производить расчет,

учитывая не только влияние изменений на стороне воды и на стороне воздуха, но и влияние конструкции теплообменника.

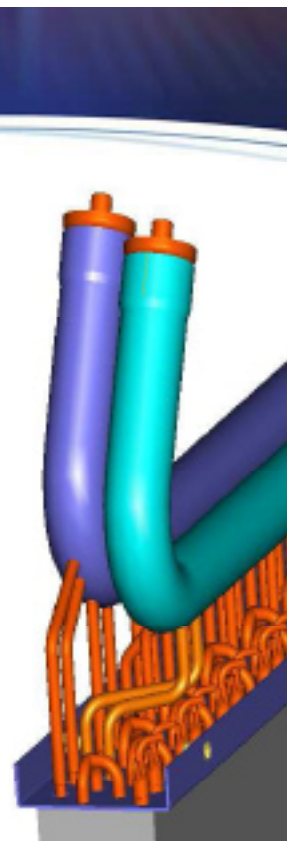
• Параметры воды и воздуха взаимосвязаны. Для данного теплообменника и заданных исходных параметрах воздуха можно произвольно менять только два параметра из трех: температура воды на входе, температура воды на выходе и расход воды.

Эти выводы действительны как для водяных нагревателей, так и для водяных охладителей, и тогда, когда вместо воды используются незамерзающие (гликолиевые и др.) растворы.



Самое важное всегда скрыто внутри. За свою жизнь теплообменник постоянно подвергается различным циклическим воздействиям давлений и температур. Конструкция теплообменника должна обеспечивать прочность и работоспособность этого компонента в течение всего срока службы всей системы. Благодаря конструкции теплообменников LLOYD COILS EUROPE, созданной на основе многолетнего опыта проектирования и постоянно совершенствующегося процесса производства, наши теплообменники отличаются от всех имеющихся на рынке наилучшим качеством.

**Теплообменные батареи: конденсаторы, испарители, охладители жидкости.**  
**Программное обеспечение. Качество. Гарантия.**  
**Опыт. Надежность. [lloydcoils.eu](http://lloydcoils.eu)**



LLOYD COILS EUROPE s.r.o.

Vražská 143, 15300 Praha 5 – Radotín Czech Republic  
Tel.: +420 234 789 211 Fax: +420 234 789 223