

УДК.621.31:728

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕПЛООБМЕНА В ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЯХ

Оселедец Е.Ю., Беспалов М.С., Петрова Е.А.

ООО Проектное бюро "Центр Экологических Инициатив", г. Москва

ООО Проектное бюро "Центр Экологических Инициатив" более 16 лет занимает одну из лидирующих позиций на российском рынке услуг экологического проектирования.

В связи с интенсивным развитием в России информационного моделирования специалисты компании поставили перед собой задачу: поднять процесс разработки экологической документации на новый уровень, а именно, по скорости и точности расчетов. Ранее все расчеты проводились вручную, с помощью Microsoft Excel, либо с помощью малоэффективных сторонних прикладных утилит. В связи с этим процесс затягивался во времени и требовал постоянного скрупулезного контроля рутинных математических расчетов со стороны наших специалистов. Теперь предполагается брать исходные данные из информационной модели, что значительно упрощает и ускоряет подготовку экологической документации.

В рамках этой статьи мы рассмотрим решение специалистами компании задачи моделирования теплообмена в здании типового деревообрабатывающего цеха для расчета потерь энергии в строительных конструкциях и соответствующих инженерных сетях. При этом основной целью являлось изучение возможности применения BIM-программ для расчета по российским методикам. Специалисты ООО ПБ ЦЭИ для исследований применяли Autodesk Revit.

Таким образом, в рамках эксперимента проведен расчет потерь тепла в вытяжной вентиляционной системе местного отсоса от деревообрабатывающих станков в зимний (отопительный) период. Пылегазовоздушная смесь от источника выделения подается в воздуховод соответствующей производительности и далее на газоочистную установку типа «Циклон».

При такой схеме работы потери тепла помещения определяются разностью удельных энергий воздуха внутри помещения и наружного воздуха, который неизбежно подается через приточную вентиляцию. При этом часть энергии теряется за счет потока тепла через стенки воздуховода.

Величина потерь энергии рассчитывалась по формуле:

$$\Delta Q = W \times \rho_{\text{возд}} \times C \times t_{\text{раб}} (T_{\text{int}} - T_{\text{out}}), \text{ Дж} \quad (1)$$

W - объемный расход воздуха, м³/с

$\rho_{\text{возд}}$ - плотность воздуха, кг/м³

C - теплоемкость воздуха, Дж/(кг · °С)

$t_{\text{раб}}$ - время работы, с

T_{int} - температура воздуха в помещении или на входе в вентиляционный канал, °С

T_{out} - температура наружного воздуха (атмосфера), °С

Потери тепла за счет утечки тепла через стенки вентиляционной системы оценивались по приближенной формуле:

$$\Delta Q_{ТП} = \alpha \times S \times (T_{срeдн} - T_{оут}) \times t_{раб} \quad (2)$$

α - коэффициент теплопередачи между потоком газа в воздуховоде и атмосферой, Вт/(м² · °С);

S - площадь стенок воздуховодов, вне здания, м²;

$T_{срeдн}$ - средняя температура в воздуховоде, °С.

Коэффициент теплопередачи через стенку воздуховода рассчитывался известным методом на основе теории подобия, подробно изложенным, например, в книге [1]. Формула (2) может применяться для тонкостенных воздуховодов. Использованный расчет теплопередачи в принципе соответствует формулам раздела 4 документа [2].

Затем был проведен расчет для аналогичной вентиляционной системы с рециркуляцией, которая организована путем отбора воздуха на выходе из «Циклона» и подачей его обратно внутрь помещения на фильтры типа УВП. Эти фильтры предназначены для установки непосредственно около деревообрабатывающих станков и обеспечивают соблюдение санитарных норм на рабочих местах.



Рис.1. Визуализация внутреннего пространства типового деревообрабатывающего цеха

Такая система позволяет минимизировать затраты на тепловую энергию, одновременно сохраняя удобство по сбору стружки и опилок в бункеры для последующего вывоза автотранспортом. При этом энергосбережение сопровождается решением экологической задачи по уменьшению выбросов пыли в атмосферу. Кроме того, отделение мелких фракций дает возможность уменьшить загрязнение атмосферного воздуха при перевозке и дальнейшей утилизации древесных отходов.

В ходе эксперимента были предварительно построены и прилинкованы архитектурная и MEP модели исследуемого здания деревообрабатывающего цеха.

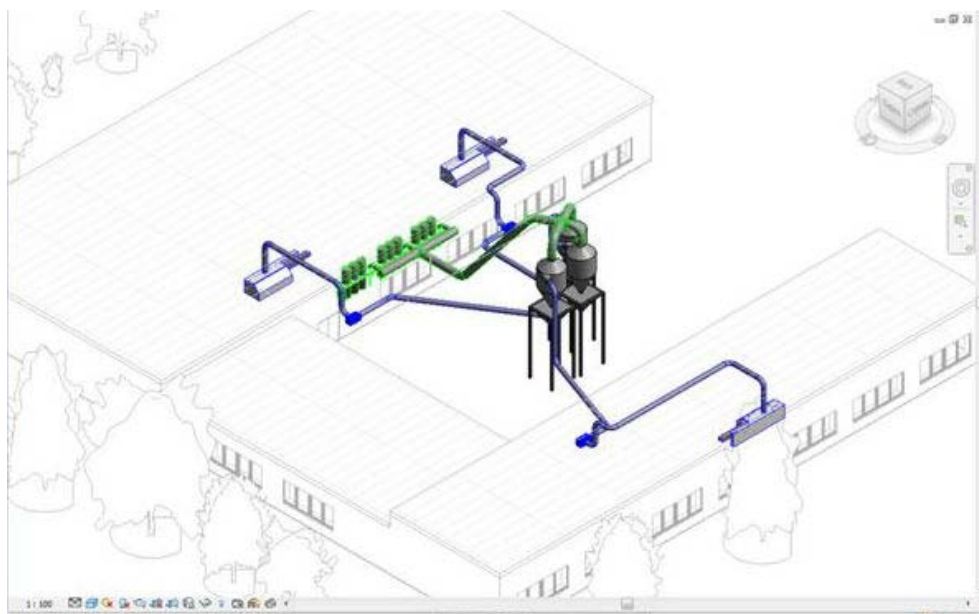


Рис.2. Инженерная информационная модель (MEP)

Для оценки потерь тепла оказалось нецелесообразным использование Autodesk Revit MEP, так как при этом ограничиваются возможности моделирования нестандартного оборудования, несоответствующего базе данных системы ASHRAE. Поэтому для решения поставленной задачи в ООО ПБ ЦЭИ была разработана специализированная программа - модуль расчета потерь тепла в воздуховодах, реализованная на C#, которая в качестве исходника берет данные MEP-модели Autodesk Revit и проводит расчеты потерь тепла по российской методике. Также можно прочитать данные MEP-модели любой BIM- программы.

Расчет теплопотерь в воздуховодах

Загрузка данных из MEP-модели Revit

Расчет теплопотерь засчитывает вентиляционную систему местного отсоса древесной пыли от деревообрабатывающих станков с опиской в цеховых

Расчет выполнен по методу, изложенному в книге: Мещеряков М.А., Мещеряков И.М. "Окна теплопередачи". Москва, Энергия, 1977г.

№ системы	д.м	л.м	м.м/с	W м.к/л	Сист. ветр. м.к/л	Кинематическая вязкость воздуха, ч. м.к/л	Число Рейнольдса	Кинематическая вязкость воздуха внутри помещения	Температура воздуха отсоса, А.В.В.г/С	Температура воздуха отсоса, А.В.В.г/С	T вт. град. С	T ост. град. С	Толщина стенки воздухов. д.м	Длина воздухов. (д.м)			
1	Межэтажный	Удаленный	вход 1	0.35	62.92	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
2	Межэтажный	Удаленный	вход 1	0.35	19.53	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
3	Межэтажный	Удаленный	вход 1	0.35	3.05	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
4	Межэтажный	Удаленный	вход 1	0.35	11.31	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
5	Межэтажный	Удаленный	вход 2	0.35	32.84	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
6	Межэтажный	Удаленный	вход 2	0.35	19.53	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
7	Межэтажный	Удаленный	вход 2	0.35	28.65	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
8	Межэтажный	Удаленный	вход 2	0.35	0.58	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
9	Межэтажный	Удаленный	вход 2	0.35	3.05	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
10	Межэтажный	Удаленный	вход 2	0.35	11.31	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
11	Межэтажный	Удаленный	вход 3	0.35	22.32	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
12	Межэтажный	Удаленный	вход 3	0.35	19.53	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
13	Межэтажный	Удаленный	вход 3	0.35	105.38	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
14	Межэтажный	Удаленный	вход 3	0.35	4.5	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
15	Межэтажный	Удаленный	вход 3	0.35	3.05	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
16	Межэтажный	Удаленный	вход 3	0.35	11.31	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
17	Межэтажный	Удаленный	вход 4	0.35	14.37	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
18	Межэтажный	Удаленный	вход 4	0.35	76.78	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
19	Межэтажный	Удаленный	вход 4	0.35	3.05	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
20	Межэтажный	Удаленный	вход 4	0.35	51.07	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
21	Межэтажный	Удаленный	вход 5	0.35	28.83	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
22	Межэтажный	Удаленный	вход 5	0.35	194.52	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
23	Межэтажный	Удаленный	вход 5	0.35	3.05	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
24	Межэтажный	Удаленный	вход 5	0.35	51.07	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
25	Межэтажный	Удаленный	вход 5	0.35	76.77	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
26	Межэтажный	Удаленный	вход 5	0.35	89.53	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
27	Межэтажный	Удаленный	вход 5	0.35	3.05	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
28	Межэтажный	Удаленный	вход 5	0.35	51.07	6.2	0.6	5	0.0000124	141129.0322580	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
29	Межэтажный	Противный	вход 1	0.6	12.4	5.9	1.8667	5	0.0000124	247935.4838709	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
30	Межэтажный	Противный	вход 1	0.6	5.82	5.9	1.8667	5	0.0000124	247935.4838709	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
31	Межэтажный	Противный	вход 1	0.6	5.82	5.9	1.8667	5	0.0000124	247935.4838709	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
32	Межэтажный	Противный	вход 1	0.6	5.82	5.9	1.8667	5	0.0000124	247935.4838709	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28
33	Межэтажный	Противный	вход 1	0.2	0.74	17.7	0.9585	5	0.0000124	80645.18129032	0.0000142	0.025	0.0236	18	-3.1	0.0005	1.28

Рис. 3. Исходные данные из MEP-модели для модуля расчета потерь тепла в воздуховодах.

