

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ТЕПЛО- ХОЛОДОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТА

Шмидт М. Н.

научный руководитель д-р техн. наук, проф. ЛиповкаЮ. Л.

*Инженерно-строительный институт СФУ*

Расчет поступления тепла через внешние ограждающие конструкции в летний период года затрудняется существенными колебаниями температуры наружного воздуха в течение суток и еще большими колебаниями поступления солнечной радиации на наружные поверхности ограждений и оконные проемы. Значительное влияние на теплообмен оказывает и массивность ограждений, благодаря чему колебания температуры на их внутренней поверхности уменьшаются.

Потери тепла через ограждающие конструкции в зимний период года рассчитывают в предположении стационарного режима, так как зимой значительных колебаний температуры наружного воздуха и особенно колебаний температуры на наружной стороне ограждений не наблюдается. Все теплопоступления в помещения, как правило, переменны во времени. Часть из них зависит от изменения температуры наружного воздуха и притока тепла от солнечного излучения, а остальные являются функцией изменения условий внутри обслуживаемого помещения.

Расчет теплопередачи через ограждения помещений выполняется по известным зависимостям, согласно СП 50.13330.2012. Расчетные наружные температуры указаны в нормативной литературе, а внутренние выбираются с учетом комфортных условий или технологических требований, предъявляемых к производственным процессам.

В большом количестве литературы встречается именно такая формула для расчета поступлений тепла через ограждающую конструкцию

$$Q_{огр} = F \cdot k \cdot (t_{нрасч} - t_{врасч}) \cdot Y \quad (1)$$

где  $Q_{огр}$ , Вт - количество тепла передаваемое через каждое ограждение;

$F$ , м<sup>2</sup>, - площадь ограждающей конструкции;

$k$  (Вт/м<sup>2</sup>·°С) - коэффициент теплопередачи  $k$  (Вт/м<sup>2</sup>·°С);

$Y$  - поправочный коэффициент, принимаемый согласно указаниям норм СП 60.13330.2012 или ведомственных рекомендаций.

К сожалению, данная формула не учитывает ряда факторов, влияющих на величину теплопоступлений. В частности, необходимо вводить поправочные коэффициенты на ориентацию ограждения на сторону света, на обдувание ветром, на проникновение в помещение наружного воздуха через открытые окна, двери и различного рода неплотности. Кроме этого, следует вводить поправку на поступление теплоты солнечной радиации в помещение через оконные проемы и наружные конструкции. Не все эти факторы в полной мере можно учесть при выборе коэффициента  $Y$ .

Поглощение солнечного излучения наружной стеной зависит от теплоты самой стены, которая постоянно отражает какую-то часть приходящего тепла. Выбор цвета и конструкции наружного слоя наружных стен является важным фактором ограничения или усиления теплопритоков.

Поступления теплоты от солнечного излучения на стену или на потолок (крышу) проявляется в виде избыточного тепла, поступающего в помещение в течение

определенного времени. Причем чем массивнее стена, тем дольше будет запаздывать тепловой поток при передаче энергии от наружного слоя ограждающей конструкции до внутреннего. Так же стоит учитывать амплитуду суточных колебаний температуры наружного воздуха, потому как в ночные часы в северных регионах при недостаточной массивности стены может возникнуть обратный эффект, когда энергия будет уходить из помещения, затрачиваясь на нагрев наружной поверхности ограждающей конструкции.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что: в зданиях из легких конструкций эффективные тепловые нагрузки являются повышенными и быстро изменяющимися; в зданиях с тяжелыми стенами тепловые нагрузки ниже по величине и изменяются на протяжении длительного времени. Установка кондиционирования в последнем случае менее дорогостоящая.

Поступления теплоты солнечной радиации в помещение через остекление немедленно поглощается средой помещения, и если данное помещение имеет большие витражи, то такие поступления значительно увеличивают тепловую нагрузку. По данным различных источников, в зависимости от типа остекления почти до 90% тепла солнечной радиации передается в помещение, а остальная часть отражается. Для больших общественных центров, в отличие от жилья, тепловая нагрузка от солнечной радиации может составлять до 50% в общем балансе помещения.

Обычно максимальная тепловая нагрузка достигается при максимальном уровне излучения. Солнечное излучение состоит из двух компонентов: прямой составляющей и рассеянной. Интенсивность солнечного излучения зависит от широты местности и варьируется в зависимости от времени года и времени суток. Так же поступление теплоты от солнечной радиации зависит от типа наружных ограждений, состояния и цвета их поверхности, угла, под которым солнечные лучи падают на поверхность, ориентации поверхности по сторонам света и др.

При выборе поправочного коэффициента, к сожалению, не возможно грамотно отразить зависимость от времени суток совместно с географической широтой и ориентацией.

Для расчетов в российских и зарубежных изданиях зачастую даны табличные данные зависимости типа остекления от сторон света и широт, но эти данные являются ориентировочными и не могут в полной мере отразить суммарный объем поступлений. Кроме того, присутствуют указания что теплопоступлениями от солнечной радиации через остекление с северной ориентацией можно пренебречь. Хотя это справедливо далеко не для всех широт.

Поступление тепла от солнечной радиации учитывается для летнего и переходного периодов, начиная от наружных температур  $+8^{\circ}\text{C}$  и выше.

Фактически же при расчете систем кондиционирования воздуха (СКВ) суммарная нагрузка получается завышенной, что легко подтверждается расчетом по методике д.т.н. В.Н. Богословского. Данная методика гарантированно позволяет снизить расчетную нагрузку на СКВ на 40%. Однако при подробном изучении данной методики были выявлены некоторые ошибки и неточности, которые не позволяли в полной мере воспользоваться этими расчетами. К тому же способ подачи данных расчетов в пособии 2.91 к СНиП 2.04.05-91 не позволял без должной сноровки выполнить расчеты максимально быстро. Не в последнюю очередь это связано с большим количеством поправочных коэффициентов, различных условий, однако позволяющих производить предельно точный расчет.

При расчете по методике д.т.н. В.Н. Богословского расчетные формулы для тепlopоступлений через световые проемы и через ограждающие конструкции различны и имеют вид:

- для световых проемов

$$Q_{oc} = Q_{oc,i} \cdot a_{п} + Q_{\Delta t} \quad (2)$$

где  $Q_{oc}, Вт$ , - тепловой поток прямой и рассеянной солнечной радиации через  $i$ -й световой остекленный проем;

$Q_{oc,i}, Вт$ , - тепловой поток солнечной радиации через световой проем;

$a_{п}$  - показатель поглощения ограждениями и оборудованием теплового потока прямой и рассеянной солнечной радиации, передаваемого воздуху помещения конвективными потоками;

$Q_{\Delta t}, Вт$  - тепловой поток теплопередачей для данного часа суток через остекленный световой проем (остекление).

- для ограждающих конструкций

$$Q_{м} = [1/R(t_{нар} + \rho \cdot J_{ср} / \alpha_{нар}) + (\beta_k \cdot \alpha_{int} / V) \cdot (0,5 \cdot \Theta_1 \cdot A_{м,с} + \rho / \alpha_{нар} \cdot \Theta_2 \cdot A_j)] \cdot A_{н.с.}, Вт \quad (3)$$

Как видно из формул, все они значительно сложнее, но в то же время они учитывают и характеристики ограждающих конструкций ( $R$ ), и характеристики оконных проемов, а так же амплитуды суточных колебаний температуры ( $A_j$ ), запаздывание температурных колебаний в конкретной поверхности ( $\epsilon$ ), а так же гармоническое изменение температуры наружного воздуха для каждого часа суток ( $\Theta$ ). Немаловажным аспектом является и то, что благодаря этой методике возможно точно просчитать тепlopоступления от 36 до 68 широты, в том числе и с ограждающими конструкциями северной ориентации.

Поняв всю значимость и актуальность данного вопроса, было решено на базе технического оборудования ИСИ СФУ разработать программу, дружелюбную к пользователю, но в то же время позволяющую выполнять технически сложные расчеты с учетом всех максимально возможных коэффициентов. Основной целью данной разработки значилась возможность выполнения расчетов с помощью откорректированной методики д.т.н. В.Н. Богословского без использования дополнительных материалов (в том числе и самого пособия 2.91 к СНиП 2.04.05-91). К тому же все ссылки на используемые источники указаны в самой программе и при необходимости в качестве самообразования с ними может ознакомиться любой желающий.

В программу расчета было решено добавить возможность расчета тепlopоступлений от людей, освещения и оборудования. Расчет тепlopоступлений от людей выполняется по общеизвестной формуле

$$Q = \Sigma q \cdot n \quad (4)$$

где  $Q, Вт$  – количество тепла, поступающего в помещение от людей;

$\Sigma q$  – количество тепла, поступающего от одного человека;

$n$  – количество людей.

Программа рассчитывает отдельно явные и скрытые тепlopоступления в зависимости от категории работ, а так же суммарные тепlopоступления. Нововведением в данном подрасчете является возможность учета

теплопоступлений только в определенные часы суток, например только в рабочие часы, или только с утра и до обеда.

Расчет теплопоступлений от освещения считается по похожей формуле

$$Q_{\text{осв}} = q_{\text{осв}} \cdot \eta_{\text{осв}} \cdot F \quad (5)$$

где  $Q_{\text{осв}}$ , Вт – теплопоступления от искусственных источников освещения;

$q_{\text{осв}}$ , Вт/м<sup>2</sup> – удельные тепловыделения в зависимости от типа источника освещения, режима работы и способа установки светильника;

$\eta_{\text{осв}}$  – доля тепла, уходящая в помещение;

$F$ , м<sup>2</sup> – площадь поверхности пола.

Программа ведет расчет в зависимости от типа помещения, нововведением в данном подрасчете является также возможность выбора режима работы освещения.

Расчет теплопоступлений от оборудования ведется с помощью базы данных оборудования, где есть возможность выбрать тип оборудования, его количество и режим работы.

Такой подход позволяет более точно подойти к вопросу выбора мощности систем кондиционирования и их типу.

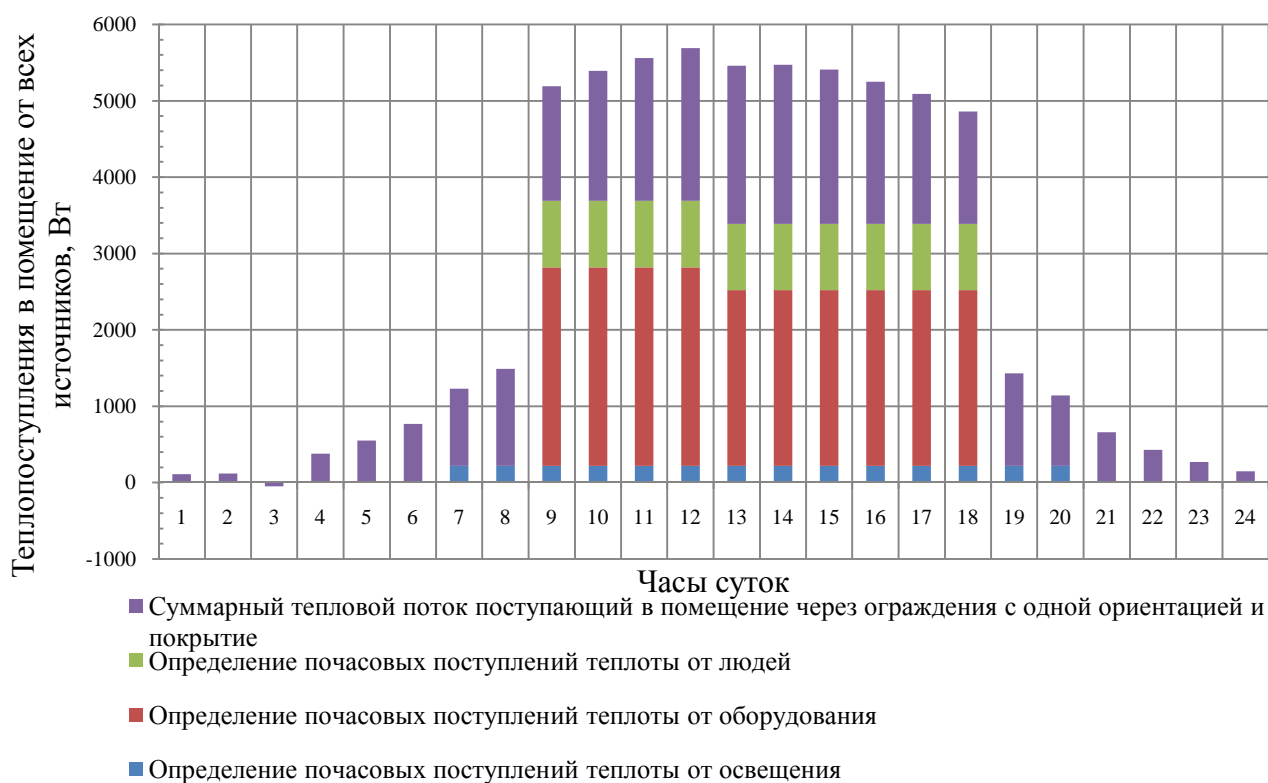


Рисунок 1 – Диаграмма конечного расчета теплопоступлений в помещение с учетом людей, оборудования, освещения.

Вывод: Усовершенствованная методика расчета холодопроизводительности систем кондиционирования микроклимата с дополнениями в виде учета теплопоступлений от людей, оборудования, освещения в форме одной расчетной программы позволяет выполнить расчет СКВ предельно просто, точно и не прибегая к другим источникам, методам и методикам.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Пособие 2.91 к СНиП 2.04.05-91 Расчет поступлений теплоты солнечной радиации в помещения.– Введ. 01.01.1993. – Москва : АО Промстройпроект, 1993. – 42 с.

Ананьев, В.А Системы вентиляции и кондиционирования Теория и практика : науч. изд. / В. А. Ананьев, Л. Н. Балуева, В. П. Мурашко. – Москва: Техносфера, Евроклимат, 2008. – 504 с.

Свид. 2012660750 Российская Федерация. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Поступления теплоты солнечной радиации в помещения / М.Н. Шмидт; заявитель и правообладатель ФГАОУ ВПО СФУ (RU). – №2012618870; заявл. 19.10.12; опубл. 28.11.12, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.