

УДК 697.978  
МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА СИСТЕМЫ  
УДАЛЕНИЯ КОНДЕНСАТА ИЗ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКИ

Н. В. ЛОБИКОВА

Научные руководители: С. Д. ГАЛЮЖИН, канд. техн. наук, доц.;

О. М. ЛОБИКОВА

Белорусско-Российский университет

Требования, предъявляемые к современным системам вентиляции воздуха зданий различного назначения: эффективность очистки воздуха помещения от примесей, обеспечение подачи чистого воздуха, эстетичность, небольшие габариты, компактные коммуникации, экономичность, обеспечение максимально возможной утилизации тепла, удаляемого из помещения воздуха. В таких системах вентиляций, как правило, применяются рекуператоры, позволяющие частично утилизировать тепло удаляемого воздуха. Благодаря ряду преимуществ (сочетание невысокой по сравнению с другими типами рекуператоров цены и высокой эффективности, компактности и надежности) наибольшее распространение получили пластинчатые рекуператоры.

При проектировании систем вентиляции с установленным пластинчатым рекуператором возникает ряд технических проблем. Одни из наиболее распространенных – образование конденсата при прохождении удаляемого воздуха через рекуператор вентиляционной установки при температурах ниже 3...4 °С, а в зимнее время – образование наледи в вытяжных воздуховодах снаружи помещения и инея на наружной поверхности рекуператора, что в конечном счете приводит к прекращению функционирования системы вентиляции [1].

Объектом исследования являются системы удаления конденсата из вентиляции зданий.

Цель работы – создание методики автоматизированного расчета системы удаления конденсата из вентиляционной установки, позволяющий подобрать трубопровод, соединяющий поддон для сбора конденсата с канализационной системой.

Основной задачей расчета системы удаления конденсата самотеком является выбор внутреннего диаметра  $d$  сливного трубопровода. При произвольном выборе диаметра происходит либо переполнение поддона для сбора конденсата, перелив его в корпус вентиляционной установки и попадание на пол помещения (вентиляционной камеры), либо при избыточном диаметре трубопровода неоправданные финансовые затраты. Разработанная методика автоматизированного расчета производится в следующей последовательности.

Первый этап. Используя метод последовательных приближений, конструктивно задаемся диаметром  $d_1$  и в зависимости от конструкции трубопровода определяем величину напора  $H$  и длину трубопровода  $l$ .

Второй этап. Рассчитываем объемный расход конденсата  $Q_k$ :

$$Q_k = \frac{Q_{ex}}{\rho_v} \left[ \frac{\varphi_{ex} (a_1 T_{ex}^4 + a_2 T_{ex}^3 + a_3 T_{ex}^2 + a_4 T_{ex} + a_5) - \frac{p_{ex} T_{vbx}}{T_{ex} p_{vbx}} \varphi_{vbx} (a_1 T_{vbx}^4 + a_2 T_{vbx}^3 + a_3 T_{vbx}^2 + a_4 T_{vbx} + a_5)}{T_{ex} p_{vbx}} \right], \quad (1)$$

где  $Q_{ex}$  – расход воздуха, поступающего на вход рекуператора, м<sup>3</sup>/с;  $\rho_v$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;  $\varphi_{ex}, \varphi_{vbx}$  – относительная влажность удаляемого воздуха на входе в рекуператор и на выходе из него;  $T_{ex}, T_{vbx}$  – абсолютная температура удаляемого воздуха на входе в рекуператор и на выходе из него соответственно, К;  $p_{ex}, p_{vbx}$  – абсолютное давление воздуха на входе в рекуператор и на выходе из него соответственно, Па;  $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$  – коэффициенты уравнения регрессии, позволяющего аналитическим путем определить массу конденсата в воздухе в состоянии насыщения:  $a_1 = 0,102 \cdot 10^5$ ;  $a_2 = 0,956 \cdot 10^3$ ;  $a_3 = 0,336$ ;  $a_4 = 52,559$ ;  $a_5 = 3093,081$  [1].

Для расчета коэффициента гидравлического трения  $\lambda$  определяем число Рейнольдса  $Re$ . При  $Re < 2300$  имеет место область ламинарного течения: I область. В этой области  $\lambda$  зависит только от числа Рейнольдса и определяется в соответствии с [2, с. 199]. II область наблюдается при переходе от ламинарного течения к турбулентному:  $Re = 2300 \dots 4000$ . В этой области  $\lambda$  также зависит только от числа Рейнольдса и определяется по формуле Н. Френкеля [3]. III область – область гидравлически гладких труб (режим течения турбулентный) имеет место при  $Re = 4000 \dots 20d_1/\Delta_s$ . В этой области  $\lambda$  также зависит только от числа Рейнольдса и не зависит от шероховатости стенок трубы. Для определения  $\lambda$  в этой области при  $Re < 10^5$  можно пользоваться формулой Блазиуса [4]. При  $4000 < Re < 3 \cdot 10^6$  целесообразно использовать формулу Конакова [4, с. 69]. В IV области докватратичного сопротивления ( $Re = 20 d_1/\Delta_s \dots 500 d_1/\Delta_s$ )  $\lambda$  зависит от числа Рейнольдса и относительной шероховатости стенок трубы  $\Delta_s/d_1$ . Для определения  $\lambda$  в этой области наиболее часто используют формулу А. Д. Альтшуля [4]. Область квадратичного сопротивления (V область) наблюдается при  $Re > 500 d_1/\Delta_s$ . В этой области  $\lambda$  зависит только от относительной шероховатости стенок трубы  $d_1/\Delta_s$ . Для определения  $\lambda$  в этой области часто используют формулу Прандтля – Никурадзе [4, с. 72], а также формулу Шифринсона [4].

Третий этап. С помощью уравнения определяем  $H_1$ :

$$H_1 = \frac{8Q_k^2 (\Sigma \zeta d_1 + \lambda l)}{\pi^2 g d_1^5}, \quad (2)$$

где  $\lambda$  – коэффициент гидравлического трения;  $l$  – длина трубопровода, м;  $d$  – внутренний диаметр трубопровода, м;  $\Sigma\zeta$  – сумма коэффициентов местных сопротивлений;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Четвертый этап. Сравниваем  $H_1$  с  $H$ . Если  $H_1 > H$ , то это означает, что выбранный  $d_1$  недостаточен и для протекания воды с расходом  $Q_k$  для исключения переполнения поддона необходим трубопровод большего диаметра. При  $H_1 > H$  диаметр трубопровода следует уменьшить. По результатам данного сравнения принимаем новое значение диаметра трубопровода  $d_2$ , повторяем расчет, определяем  $H_2$  и сравниваем его с  $H$ . Если разница между  $H_2$  и  $H$  не превышает 5 %, то результат можно считать удовлетворительным для технических расчетов. Когда разница между  $H_2$  и  $H$  превышает 5 %, расчет продолжается до достижения требуемой разницы в 5 %. Затем из сортамента труб необходимо выбрать трубу с ближайшим большим диаметром.

Объем образующегося конденсата для проектирования системы его удаления обычно получают экспериментальным путем, что является крайне недостоверным способом. Поэтому разработанная методика автоматизированного расчета системы удаления конденсата из вентиляционной установки, позволяющая подобрать трубопровод, соединяющий поддон для сбора конденсата с канализационной системой, является актуальной. Правильный подбор данного трубопровода даст возможность избежать переполнения поддона и скапливания конденсата на поверхности вентиляционной установки.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Галюжин, С. Д.** Определение исходных данных для проектирования устройства удаления конденсата из рекуператора вентиляционной установки / С. Д. Галюжин, Н. В. Лобикова, О. М. Лобикова // Вестн. БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2019. – № 7. – С. 63–71.
2. **Ухин, Б. В.** Гидравлика: учебное пособие / Б. В. Ухин. – Москва: ФОРУМ, 2009. – 464 с.
3. **Юшкин, В. В.** Гидравлика и гидравлические машины : учебное пособие / В. В. Юшкин. – Минск : Вышэйшая школа, 1974. – 270 с.
4. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам / Я. М. Вильнер [и др.] ; под общ. ред. Б. Б. Некрасова. – Минск : Вышэйшая школа, 1985. – 382 с.

