

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 532.5

А.А. Мохаммад, И.А. Хорош,
М.А. Титов, Н.П. Куликова

РАСЧЁТ ДРОССЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА РАЗОГРЕВА РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ГИДРОПРИВОДА С АВТОМАТИЧЕСКИМ УПРАВЛЕНИЕМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

Основные направления технического прогресса в области создания и использования гидропривода в технике связаны с повышением рабочих давлений, созданием электрогидравлического управления оборудованием самоходных машин, повышением мощности, улучшением характеристик гидропередат, расширением диапазона температур применения гидропривода за счёт использования новых сортов минеральных и синтетических рабочих жидкостей и создания гидроэлементов для использования машин в условиях холодного и/или жаркого климата. В статье рассмотрены способы разогрева рабочей жидкости гидропривода при работе в условиях низких температур. Целью статьи являлась разработка технического предложения для повышения долговечности гидропривода самоходных машин. Методом повышения долговечности гидропривода, работающего в условиях низких температур, является предварительный разогрев рабочей жидкости дросселированием. В результате проведённой работы предложена конструкция дросселя разогрева с автоматическим регулированием условного прохода дистанционно в зависимости от температуры рабочей жидкости в баке гидросистемы и представлена методика расчёта основных параметров предлагаемого дросселя с целью упрощения его внедрения. Таким образом, при внедрении предлагаемого дросселя эксплуатирующие организации получат возможность проводить разогрев рабочей жидкости с минимальными энергетическими затратами и повысить долговечность гидропривода, что приведёт к повышению производительности, снижению количества простоев и увеличению прибыли.

Ключевые слова: дроссельное устройство, рабочая жидкость, гидросистема, температура, термометрическое вещество, запорный элемент.

А.А. Mokhammad, I.A. Khorosh,
M.A. Titov, N.P. Kulikova

THE CALCULATION OF THE THROTTLE DEVICE HEATING WORKING FLUID OF HYDRAULIC DRIVE HAVING A TEMPERATURE DEPENDENCE

The main directions of technical progress in the field of creation and use of the hydraulic technique is associated with increased operating pressures, the creation of electrohydraulic control equipment for self-propelled machines, increasing capacity, improvement of characteristics of hydraulic transmissions, extension of temperature range of application of the hydraulic drive through the use of new varieties of mineral and synthetic working fluids and creating special hydroelements to use machines in conditions of cold and / or hot climate. In the article the methods of heating the working fluid of the hydraulic drive when operating in low temperatures. The purpose of this study is to develop a technical proposal to improve the durability of the hydraulic drive self-propelled machines. Method of increasing durability of the hydraulic drive, working in low temperatures is a preheating of the working fluid by throttling. As a result of the pro-

posed design of the inductor heating with automatic control orifice remotely, depending on the temperature of the working fluid in the tank of hydraulic system and presents the method of calculation of the main parameters of the proposed reactor to facilitate its implementation. Thus, when implementing the proposed reactor operating organization will have the opportunity to carry out heating of the working fluid with minimal energy consumption and improve the durability of the hydraulic drive, which will lead to increased productivity, decrease downtime and increase profits.

Key words: *throttling device, hydraulic fluid, hydraulics, temperature, thermometric substance, stop valve.*

Введение. Большинство современных самоходных машин, работающих в разных отраслях народного хозяйства, гидрофицированы, при этом качество работы гидросистем зависит в том числе и от состояния энергоносителя, связывающего насос и гидродвигатель, от параметров рабочей жидкости. И одним из параметров, в целом влияющих на производительность, является температурный режим работы гидропривода, при этом если двигатель и трансмиссию в условиях низких температур принято предварительно прогревать перед началом работы, то гидравлические системы чаще всего запускаются без прогрева, что приводит к негативным последствиям [10].

Цель исследования. Обоснование и расчёт конструкции дроссельного устройства для разогрева рабочей жидкости гидросистемы.

Задачи исследования. Разработать конструктивную схему дроссельного устройства предварительного разогрева рабочей жидкости гидропривода, представить методику расчёта его параметров.

Объекты и методы исследования. Рабочая температура жидкости в гидросистемах лежит в пределах 50–90°C (в зависимости от марки жидкости), что в условиях Сибири, Дальнего Востока и Крайнего Севера приводит к ежесменным перепадам температур в гидросистеме до 120°C. Поскольку параметры работы машины напрямую зависят от температуры рабочей жидкости, в приводах могут быть установлены системы регулирования температуры рабочей жидкости, такие как обдув горячим воздухом, инфракрасные горелки, прогрев дросселированием, электронагревательные элементы, нагрев теплом установленного двигателя внутреннего сгорания, выхлопными газами и т.п. Также для повышения эффективности эксплуатации гидропривода применяют изменение области теплообмена, сохранение тепла теплоизоляционными материалами, применение масел с улучшенными эксплуатационными свойствами, обеспечение рациональных температур в процессе рабочего цикла [1, 2] и т.д.

Дроссельные устройства разогрева рабочей жидкости находят применение в гидросистемах самоходных машин и других гидрофицированных агрегатах, работающих на открытом воздухе в зимнее время, для повышения работоспособности гидропривода и сокращения простоев техники, а также в гидросистемах станков для поддержания необходимой температуры рабочей жидкости или более ускоренного выхода гидросистемы на необходимый температурный режим [2, 3].

Результаты исследования и их обсуждение. На рисунке 1 представлена конструкция дроссельного устройства разогрева рабочей жидкости с дистанционным управлением в зависимости от ее температуры. Устройство состоит из корпуса 1, дросселя предварительного разогрева с регулировочным винтом 2, конусного управляемого запорного элемента 3, жестко связанного с управляющим поршнем 4, пружины 5, регулировочного винта 6, капиллярной трубки 7, выносного теплоприёмника 8 и направляющей втулки 9.

Выносной теплоприёмник, капиллярная трубка и поршневая полость герметично соединены между собой и заполнены термометрическим веществом – жидкостью (например, толуол, ксилол, ртуть, полиметилсилоксановая жидкость ПМС-5 ГОСТ 13032-67) или газом (фреон-22, фреон-4, пропилен) с большим коэффициентом температурного расширения. Для исключения влияния теплового расширения теплоприёмника на объём заполняющего его вещества термобаллон рекомендуется изготавливать из стали 1Х18Н9Т.

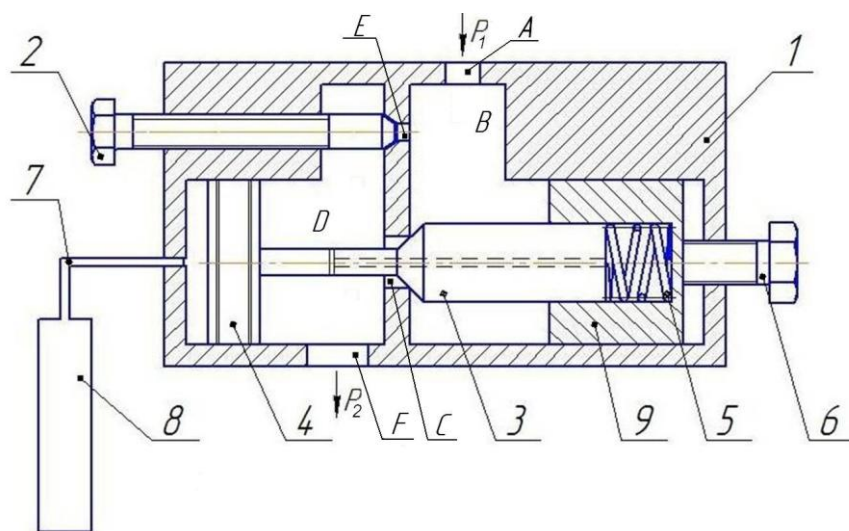


Рис. 1. Конструкция дроссельного устройства:

1 – корпус; 2, 6 – регулировочные винты; 3 – запорный элемент; 4 – поршень управления; 5 – пружина; 7 – капиллярная трубка; 8 – теплоприёмник; 9 – направляющая втулка

Дроссельное устройство работает следующим образом. Рабочая жидкость из гидросистемы под давлением через канал **A** подаётся в напорную полость **B** (см. указатель направления P_1 на рис. 1). В первоначальный момент времени запорный управляемый элемент **3** закрывает канал **C** и вся рабочая жидкость течёт в полость **D** по каналу **E**, при этом проходное сечение канала **E** дросселя предварительного разогрева регулируется винтом **2**, чем изменяется предустановленная интенсивность разогрева рабочей жидкости. При повышении температуры рабочей жидкости термометрическое вещество в теплоприёмнике, погружённом в гидравлический бак гидросистемы, начинает расширяться и воздействовать на поршень управления **4**. Поршень **4**, преодолевая сопротивление пружины **5**, перемещает управляемый запорный элемент **3** вправо (рис. 1) и приоткрывает проход рабочей жидкости гидросистемы из напорной полости **B** в сливную полость **D** через канал **C** и далее в гидросистему по каналу **F**. При дальнейшем разогреве рабочей жидкости запорный элемент **3** будет смещаться вправо и открывать канал **C** до тех пор, пока проходное сечение канала **C** не будет полностью открыто запорным элементом и рабочая жидкость не будет перемещаться из напорной полости **B** в сливную полость **D**, не испытывая гидравлического сопротивления, вызванного дросселированием в канале **C** запорным элементом **3**. Винтом **6** регулируется жёсткость пружины **5**, и тем самым изменяется температура открытия запорного элемента **3**. С целью исключения влияния изменения разности давления рабочей жидкости на перемещение запорного элемента **3**, в результате внутренних перетечек в корпусе дроссельного устройства, со стороны пружины **5** в запорном элементе **3** просверлен канал, соединяющий пружинную полость со сливной **D**.

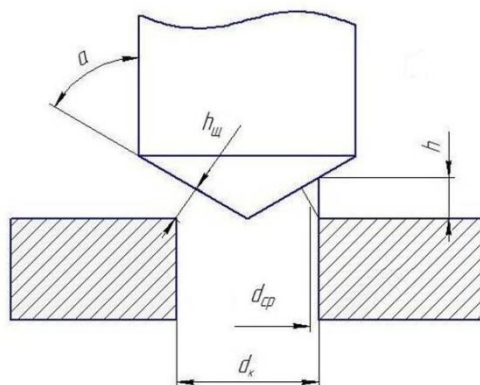


Рис. 2. Проходное сечение дросселя предварительного разогрева

Площадь проходного сечения дросселя предварительного разогрева (рис. 2) определим по формуле [4, 9]

$$s_{щ} = \pi \cdot d_{cp} \cdot h_{щ}, \quad (1)$$

где $h_{щ}$ – высота щели; d_{cp} – средний диаметр проходной щели.

$$h_{щ} = h \cdot \sin \alpha; \quad (2)$$

$$d_{cp} = d_{к} - \frac{(h \cdot \sin 2\alpha)}{2}, \quad (3)$$

где h – величина смещения винта 2; $d_{к}$ – диаметр канала **Е** дросселя; α – угол конуса винта 2 (см. рис. 1).

Выразив величину смещения винта h через угол его поворота, получим [6]

$$h = \frac{\Psi}{360} \cdot \delta \cdot \sin \alpha, \quad (4)$$

где Ψ – угол поворота винта; δ – шаг резьбы винта.

Для расчёта управляемого золотника составим расчётную схему соотношения сил, действующих на золотник (рис. 3).

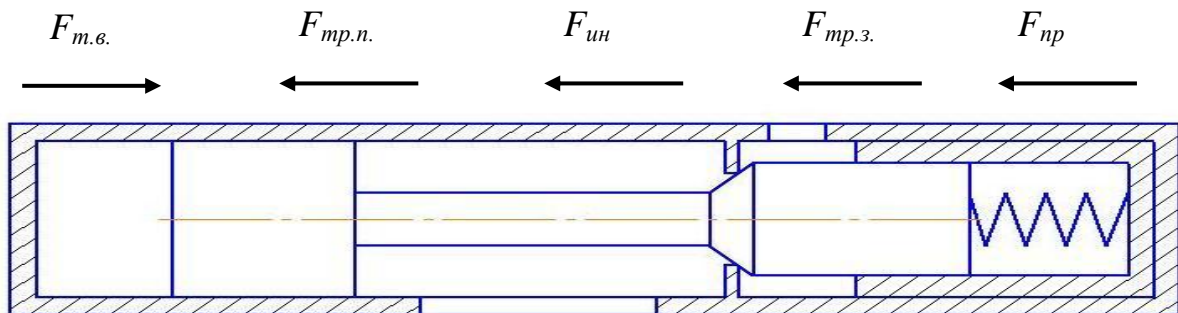


Рис. 3. Силы, действующие на управляемый запорный элемент

Из условия равновесия золотника запишем [4, 7]

$$F_{т.в.} = F_{тр.п.} + F_{тр.з.} + F_{пр} + F_{ин}, \quad (5)$$

где $F_{т.в.}$ – сила, действующая на поршень со стороны термометрического вещества; $F_{тр.п.}$ – сила трения поршня; $F_{тр.з.}$ – сила трения запорного элемента; $F_{пр}$ – сила упругости пружины; $F_{ин}$ – сила инерции.

Сила, действующая со стороны термометрического вещества, определяется из выражения [8]

$$F_{т.в.} = (P_0 \cdot \Delta P_{т.в.}) \cdot S_n, \quad (6)$$

где P_0 – начальное давление закачанного термометрического вещества; $\Delta P_{т.в.}$ – приращение давления термометрического вещества при изменении воздействующей температуры; S_n – площадь поршня.

Сила инерции определится из выражения

$$F_{ин} = m_3 \cdot a, \quad (7)$$

где m_3 – масса запорного элемента; a – ускорение запорного элемента.

Силы трения поршня и запорного элемента найдем из выражений:

$$F_{тр.п.} = 10^6 \cdot \pi \cdot D_n \cdot L_n \cdot \mu \cdot K; \quad (8)$$

$$F_{тр.з.} = 10^6 \cdot \pi \cdot D_3 \cdot L_3 \cdot \mu \cdot K, \quad (9)$$

где D_n и D_3 – диаметры поршня и запорного элемента соответственно; L_n и L_3 – соответственно длины поршня и запорного элемента, соприкасающиеся с направляющей втулкой; μ – коэффициент трения (0,02–0,3) [1]; K – коэффициент, зависящий от точности изготовления запорного элемента (0,15–0,03) [1].

Силу упругости пружины определим как

$$F_{np} = c \cdot (b + x), \quad (10)$$

где c – коэффициент жёсткости пружины; b – величина предварительного сжатия пружины (определяется настройкой регулировочного винта); x – величина сжатия пружины при перемещении поршня (запорного элемента) [4].

Выразим величину предварительного сжатия пружины через величину угла поворота регулировочного винта

$$b = \frac{\Psi}{360} \cdot \delta, \quad (11)$$

где Ψ – угол поворота винта; δ – шаг резьбы винта.

Площадь проходного сечения дросселирующего окна конусного запорного элемента

$$S_{щ.з.} = \pi \cdot d_{ср.з.} \cdot h_{щ.з.}, \quad (12)$$

где $d_{ср.з.}$ – средний диаметр проходной щели; $h_{щ.з.}$ – ширина щели.

$$d_{ср.з.} = d_{к.з.} - \frac{(x \cdot \sin 2\beta)}{2}, \quad (13)$$

$$h_{щ.з.} = x \cdot \sin \beta, \quad (14)$$

где $d_{к.з.}$ – диаметр дросселирующего канала; x – смещение запорного элемента (поршня); β – угол конуса, заданный конструктивно.

В практических расчетах диаметр толкателя можно не учитывать, если площадь проходного сечения канала $d_{к.з.}$, за вычетом площади поперечного сечения толкателя, больше или равна площади проходного сечения подводящего трубопровода.

Величина смещения золотника x будет равна смещению поршня при тепловом расширении термометрического вещества. Если пренебречь тепловым расширением выносного датчика и капилляра, то будем считать, что изменение объема поршневой полости будет равно изменению объема термометрического вещества. Тогда смещение поршня x найдем из выражения

$$x = \frac{V_{m.в.}}{S_n}, \quad (15)$$

где $V_{m.в.}$ – объём термометрического вещества; S_n – площадь поршня.

$$V_{m.в.} = V_0 + V_{кан} + V_n, \quad (16)$$

где V_0 – объём выносного датчика; $V_{кан}$ – объём капилляра; V_n – объём поршневой полости [5, 10].

Изменение объема термометрического вещества найдем из уравнения

$$V_{m.в.} = V_0 \cdot (1 + r \cdot \Delta t), \quad (17)$$

где V_0 – начальный объём термометрического вещества; r – коэффициент объёмного расширения термометрического вещества; Δt – изменение воздействующей температуры рабочей жидкости гидросистемы.

Заключение. С целью повышения долговечности гидропривода самоходных машин, работающих при низких температурах, предлагается проводить предварительный разогрев рабочей жидкости до рабочей температуры. Из всех возможных способов разогрева выбрано дросселирование как наиболее простой и эффективный способ, предложена конструкция дроссельного гидроаппарата. При внедрении предлагаемого дросселя эксплуатирующие организации получают возможность проводить разогрев рабочей жидкости с минимальными энергетическими затратами и повысить долговечность гидропривода, что приведёт к повышению производительности, снижению количества простоев и увеличению прибыли.

Предлагаемая конструкция устройства дроссельного разогрева рабочей жидкости и методика его расчёта могут быть использованы на стадии проектирования гидравлических приводов, что позволит производить разогрев гидросистемы с минимальными энергетическими затратами.

Литература

1. Данилов Ю.А., Кириловский Ю.Л., Колпаков Ю.Г. Аппаратура объемных гидроприводов: рабочие процессы и характеристики. – М.: Машиностроение, 1990. – 272 с.
2. Каверзин С.В., Лебедев В.П., Сорокин Е.А. Обеспечение работоспособности гидравлического привода при низких температурах: учеб. пособие / ред. С.В. Каверзин. – Красноярск: Офсет, 1998. – 238 с.
3. Каверзин С.В. Разработка методов и средств повышения работоспособности и эффективности гидроприводов самоходных машин, эксплуатируемых в условиях нижних температур: дис. ... д-ра техн. наук. – Красноярск, 1989. – 585 с.
4. Крикун В.Я., Манасян В.Г. Расчет основных параметров гидравлических экскаваторов с рабочим оборудованием обратная лопата: учеб. пособие. – М.: Изд-во МИСИ, 2002. – 110 с.
5. Мохаммад А.А. Повышение качества эксплуатации гидравлического привода посредством использования многоходового калорифера // Научный поиск в современном мире. – 2012. – Ч. 1. – С. 81–84.
6. Каверзина А.С., Мохаммад А.А. Проектирование всасывающих трубопроводов гидросистем мобильных машин // Журнал СФУ. Техника и технологии. – 2012. – № 5. – С. 601–606.
7. Мохаммад А.А., Куликова Н.П., Сорокин Е.А. Экспериментальный стенд для оценки эффективности применения многоходового калорифера как средства охлаждения рабочей жидкости гидропривода // Журнал СФУ. Техника и технологии. – 2013. – № 7. – С. 845–850.
8. Хорош И.А., Хорош А.И. Гидрооборудование лесных машин: учеб. пособие. Ч. 2. – Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2009. – 234 с.
9. Хорош И.А. Использование рабочей жидкости на основе рапсового масла в гидравлических системах // Транспортные системы Сибири. Проблемы безопасности: сб. науч. тр. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Красноярск, 17–19 окт. 2013 г.) / под общ. ред. В.В. Минина. – Красноярск: Изд-во СФУ, 2013. – С. 255–262.
10. Хорош И.А. Теоретические исследования динамических нагрузок в гидроприводе механизма поворота // Ресурсосберегающие технологии механизации сельского хозяйства: прил. к Вестнику КрасГАУ: сб. ст. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2003. – С. 74–78.

Literatura

1. Danilov Yu.A., Kirilovskij Yu.L., Kolpakov Yu.G. Apparatura ob"emnyh gidroprivodov: rabochie processy i harakteristiki. – M.: Mashinostroenie, 1990. – 272 s.
2. Kaverzin S.V., Lebedev V.P., Sorokin E.A. Obespechenie rabotosposobnosti gidravlicheskogo privoda pri nizkih temperaturah: ucheb. Posobie / red. S.V. Kaverzin. – Krasnoyarsk: Ofset, 1998. – 238 s.
3. Kaverzin S.V. Razrabotka metodov i sredstv povysheniya rabotosposobnosti i ehffektivnosti gidroprivodov samohodnyh mashin, ehkspluatiruemyh v usloviyah nizhnih temperatur: dis. ... d-ra tekhn. nauk. – Krasnoyarsk, 1989. – 585 s.
4. Krikun V.YA., Manasyan V.G. Raschet osnovnyh parametrov gidravlicheskih ehkskavatorov s rabochim oborudovaniem obratnaya lopata: ucheb. posobie. – M.: Izd-vo MISI, 2002. – 110 s.
5. Mohammad A.A. Povyshenie kachestva ehkspluatacii gidravlicheskogo privoda posredstvom ispol'zovaniya mnogohodovogo kalorifera // Nauchnyi poisk v sovremennom mire. – 2012. – Ch. 1. – S. 81–84.

6. *Kaverzina A.S., Mohammad A.A. Proektirovanie vsasyvayushchih truboprovodov gidrosistem mobil'nyh mashin // Zhurnal SFU. Tekhnika i tekhnologii. – 2012. – № 5. – S. 601–606.*
7. *Mohammad A.A., Kulikova N.P., Sorokin E.A. Eksperimental'nyi stend dlya ocenki ehffektivnosti primeneniya mnogohodovogo kalorifera kak sredstva ohlazhdeniya rabochei zhidkosti gidroprivoda // Zhurnal SFU. Tekhnika i tekhnologii. – 2013. – № 7. – S. 845–850.*
8. *Horosh I.A., Horosh A.I. Gidrooborudovanie lesnyh mashin: ucheb. posobie. Ch. 2. – Krasnoyarsk: Izd-vo SibGTU, 2009. – 234 s.*
9. *Horosh I.A. Ispol'zovanie rabochei zhidkosti na osnove rapsovogo masla v gidravlicheskih sistemah // Transportnye sistemy Sibiri. Problemy bezopasnosti: sb. nauch. tr. Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem (Krasnoyarsk, 17–19 okt. 2013 g.) / pod obshch. red. V.V. Minina. – Krasnoyarsk: Izd-vo SFU, 2013. – S. 255–262.*
10. *Horosh I.A. Teoreticheskie issledovaniya dinamicheskikh nagruzok v gidroprivode mekhanizma povorota // Resursosberegayushchie tekhnologii mekhanizacii sel'skogo hozyajstva: pril. k Vestniku KrasGAU: sb. st. – Krasnoyarsk: Izd-vo KrasGAU, 2003. – S. 74–78.*



УДК 697.956

И.В. Калинин, Г.В. Смольников

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЁТА ОБЩЕОБМЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ В ПОМЕЩЕНИЯХ С ВЫДЕЛЕНИЕМ ВОДЯНЫХ ПАРОВ

Данная статья посвящена вопросам расчёта общеобменной вентиляции в помещениях с влаговыделениями. Целью работы являлось совершенствование методики определения параметров воздуха и воздухообмена в помещениях с выделением водяных паров. Приводится описание методики расчёта и обработки результатов исследований. В ходе работы были определены недостатки известного графо-аналитического метода расчёта с использованием I-d-диаграммы воздуха, к основным из которых относятся: низкая точность результатов, невозможность алгоритмизации и использования компьютерных методов для расчёта. В результате исследования была разработана аналитическая методика определения параметров воздуха и воздухообмена в помещениях с выделением водяных паров, включающая в себя полученные аналитические зависимости, которые более точно позволяют производить расчёт систем общеобменной вентиляции и алгоритмизировать расчёты для дальнейших вычислений с использованием компьютера.

Ключевые слова: *общеобменная вентиляция, методика расчёта, выделение водяных паров, влагосодержание, воздухообмен, относительная влажность.*

I.V. Kalinich, G.V. Smolnikov

IMPROVEMENT OF CALCULATING APPROACH FOR GENERAL VENTILATION IN FACILITIES AFFECTED BY VAPOURING WATER

Present article is devoted to issues connected with calculating general ventilation in buildings affected by vapouring moisture. The aim is to improve the methods of determining the parameters of air and air exchange in rooms with the release of water vapor. The description of calculating techniques and analysis of research observations has been presented. In the course of research shortcomings of known graph-analytical method of calculation with use of I-d-chart were identified, to basic of which belong: low accuracy of the results, inability to use algorithms and computer methods for calculating. As a result of the