

УДК 628.146

doi: 10.18698/0536-1044-2023-7-107-112

## Расчет удельных давлений в задвижках при давлениях газа до 105 МПа

**И.Р. Чиняев**

ООО Научно-производственной фирмы «МКТ-АСДМ»

## Calculation of specific pressures in gate valves at the gas pressure of up to 105 MPa

**I.R. Chinyaev**

LLC NPF MKT-ASDM

При силовом расчете шиберной задвижки максимальные удельные давления в затворе определяют только в ее закрытом положении, не учитывая уменьшение площади контакта уплотнительных полей между шибером (клином) и седлами при открытии, пропускную характеристику шиберной задвижки, расход и плотность рабочей среды. Приведены результаты расчета удельных давлений в затворе задвижки DN 150 PN 25 МПа, выпускаемой Научно-производственной фирмой «МКТ-АСДМ», при перепаде давления на ней до 105 МПа в зависимости от хода шибера с учетом расхода и плотности газа с использованием действительной пропускной характеристики задвижки. Максимальных значений удельные давления достигают в диапазоне относительного хода шибера 0,1...0,2. Рекомендовано после расчета удельного давления в закрытом положении затвора по известной методике, применяемой при силовом расчете задвижки, определить максимальное значение удельного давления с учетом уменьшения площади контакта уплотнительных полей при подъеме задвижки, ее пропускной характеристики, расхода и плотности рабочей среды.

**Ключевые слова:** шиберная задвижка, удельное давление в затворе, расход и плотность газа

In power calculation of the valves, maximum specific pressures at the gate valves are determined only in the closed position, not taking into account decrease at the sealing fields contact area between the slide valve (wedge) and the valve seats in opening, throughput characteristic of the slide valve and working medium flow rate and density. Results are provided of calculating specific pressures at the gate of the slide valve DN 150 PN 25 MPa LLC "Scientific and Production Company "MKT-ASDM" at the gas pressure drop of up to 105 MPa depending on the slide walk stroke and taking into account the gas flow rate and density using the valve actual throughput characteristics. Specific pressures of maximum values were achieved in the slide valve relative stroke range of 0.1...0.2. It is recommended to determine the specific pressure maximum value taking into account reduction in the sealing fields contact area when the wedge is raised, throughput characteristic of the sliding gate valve and the working media flow rate and density. This should be done after calculating the specific pressure with gate valve closed according to the well-known method used in the valves' power calculation.

**Keywords:** slide valve, gate valve specific pressure, gas flow rate and density

При силовом расчете шиберной задвижки максимальные удельные давления в затворе определяют только в ее закрытом положении [1, 2]. При этом не учитывают: уменьшение площади контакта между уплотнительными полями седел и шиберов или клина при перемещении последних; увеличение удельных давлений в зависимости от хода шиберов или клина; зависимость сохранения максимального перепада давления от максимального расхода и плотности газа, что является причиной разрушения затвора.

Цель работы — расчет удельных давлений в зависимости от хода шиберов, пропускной характеристики задвижки, расхода и плотности газа [1, 2].

Расчет удельных давлений рассмотрим на примере задвижки DN 150 PN 25 МПа производства Научно-производственной фирмы «МКТ-АСДМ» [3–5]. Введем следующие обозначения:  $h$  — относительный ход шиберов;  $S_p$  — площадь контакта между уплотнительными полями седел и шиберов,  $\text{м}^2$ ;  $K_v$  — действительная (экспериментальная) пропускная способность задвижки,  $\text{м}^3/\text{ч}$  [6–10].

Значения площади контакта между уплотнительными полями седел и шиберов  $S_p$  получе-

ны путем расчета в программе КОМПАС. Удельные давления определены при двадцати двух положениях шиберов [11, 12]. Положения шиберов от закрытого  $h_0 = 0$  до  $h_{15} = 0,300$ , показаны на рис. 1, а соответствующие им значения площади контакта между уплотнительными полями седла и шиберов — в таблице.

Канал между седлом и шибером появляется в положении № 4 после относительного хода шиберов  $h_4 = 0,100$  (см. рис. 1). Удельные давления достигают максимальных значений в интервале хода шиберов от  $h_4 = 0,100$  до  $h_{14} = 0,200$ . Гидравлические характеристики наиболее интенсивно изменяются в диапазоне хода шиберов от  $h_4 = 0,100$  до  $h_{14} = 0,200$ . Поэтому этот диапазон будем рассматривать с шагом  $\Delta h = 0,010$  [13], а диапазон хода шиберов от  $h_0 = 0$  до  $h_4 = 0,100$  — с шагом  $\Delta h = 0,025$ . Экспериментальное значение пропускной способности шиберного запорно-регулирующего устройства при  $j$ -м ходе шиберов определяют по методике, описанной в государственных стандартах [14, 15].

Формулу для расчета перепада давления на задвижке при  $j$ -м ходе шиберов, приведенную в работе [15], преобразуем к виду

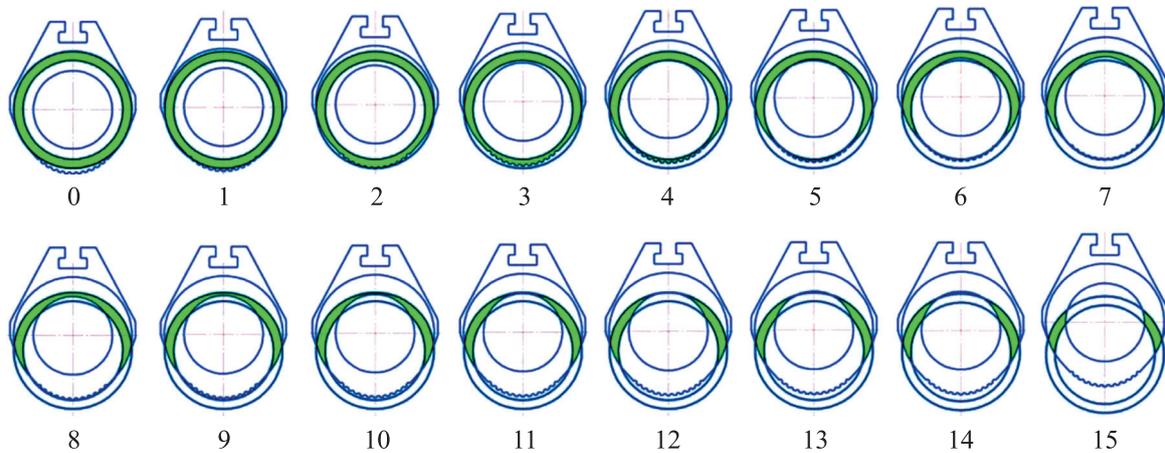


Рис. 1. Схемы шиберов в разных положениях

**Значения площади контакта между уплотнительными полями седел и шиберов при его различных положениях**

Номер положения шиберов	$h$	$S_p$ , $\text{мм}^2$	Номер положения шиберов	$h$	$S_p$ , $\text{мм}^2$	Номер положения шиберов	$h$	$S_p$ , $\text{мм}^2$	Номер положения шиберов	$h$	$S_p$ , $\text{мм}^2$
0	0	5504	4	0,100	3793	8	0,140	2688	12	0,180	1940
1	0,025	5336	5	0,110	3496	9	0,150	2500	13	0,190	1801
2	0,050	4944	6	0,120	3188	10	0,160	2313	14	0,200	1689
3	0,075	4380	7	0,130	2911	11	0,170	2126	15	0,300	1097

$$\Delta P_j = 3,57^2 \cdot 10^8 Q_{1j}^2 \rho_{1j} / (B_j^2 K v_j^2),$$

где  $\Delta P_j$  — перепад давления на задвижке,  $\Delta P_j = P_2 - P_1$  ( $P_2$  и  $P_1$  — давление после и до задвижки), Па;  $Q_{1j}$  и  $\rho_{1j}$  — расход и плотность газа при параметрах до задвижки, м<sup>3</sup>/ч и кг/м<sup>3</sup>;  $B_j$  — коэффициент, учитывающий расширение и сжимаемость газа;  $K v_j$  — экспериментальные значения пропускной способности, м<sup>3</sup>/ч.

Коэффициент, учитывающий расширение и сжимаемость газа, определяется выражением

$$B_j = f(\beta_j),$$

где  $\beta_j$  — параметр, зависящий от отношения давлений после и до задвижки,

$$\beta_j = P_{2j} / P_{1j}.$$

Приняты следующие допущения. При отношении давлений  $P_2/P_1 < 0,04$  коэффициент, учитывающий расширение и сжимаемость газа,  $B = 0,484$  [15]. В начале пропуска газа через задвижку при ходе шибера  $h = 0,100 \dots 0,300$  давление после задвижки в несколько раз меньше, чем до задвижки. При  $P_2/P_1 < 0,5$  давление  $P_2$

не входит в состав формулы для расчета пропускной способности.

Поэтому выражение для определения перепада давления с учетом его истечения после задвижки в атмосферу принимает вид

$$\Delta P_j = [Q_j \sqrt{\rho_n (t_1 + 273)} / (257 K v_j \cdot 10)] - 0,1,$$

где  $\rho_n$  — плотность рабочей среды, кг/м<sup>3</sup>;  $t_1$  — температура рабочей среды, °С.

Сила, прижимающая шибера к выходному седлу при  $j$ -м положении шибера, имеет вид

$$Fk_j = S r_j P_j, \text{ Н},$$

где  $S r_j$  — расчетная площадь шибера при  $j$ -м положении, м<sup>2</sup>.

Удельное давление определяется выражением

$$P k_j = Fk_j / S p_j.$$

**Результаты исследования и их обсуждение.**

Удельные давления в задвижке DN 150 PN 25 МПа рассчитаны при перепаде давления  $\Delta P = 10, 16, 20, 25, 45, 70$  и 105 МПа; расходе

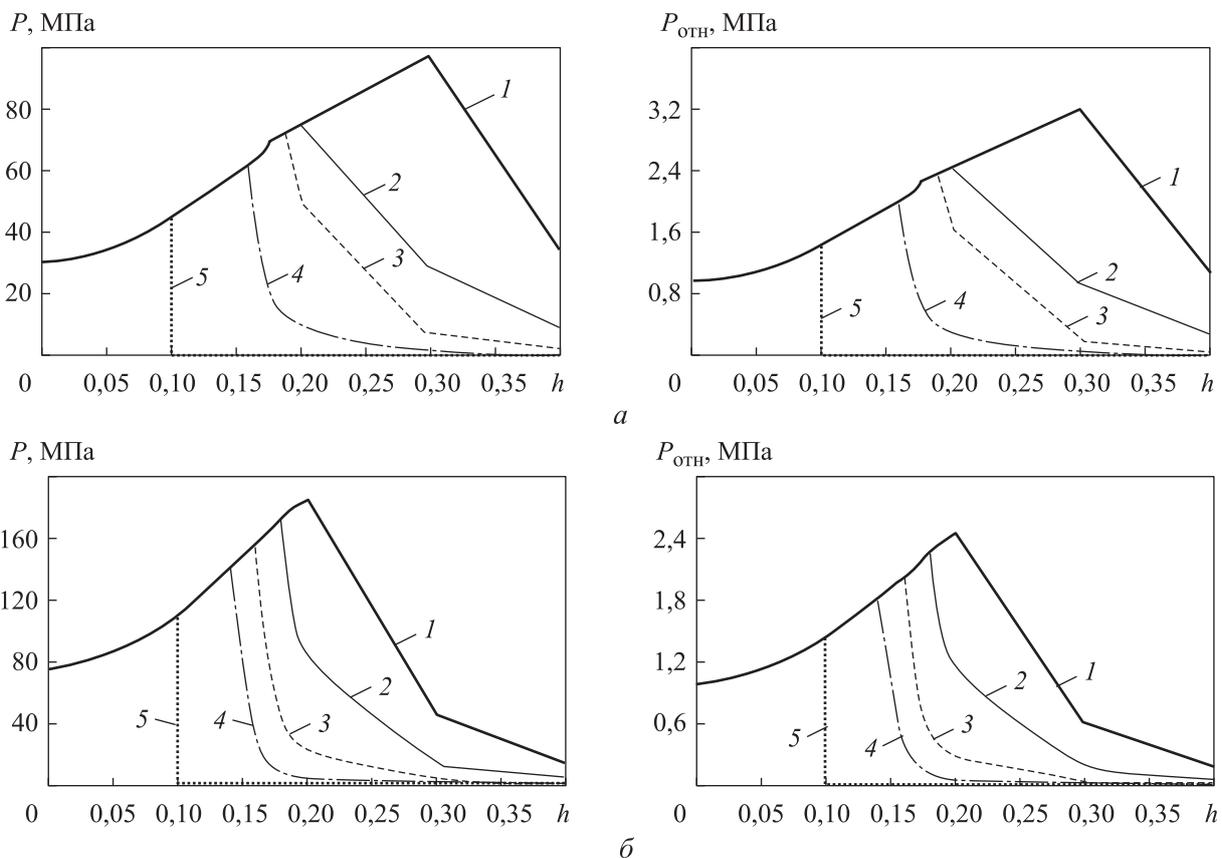


Рис. 2. Зависимости удельного  $P$  (слева) и относительного удельного  $P_{отн}$  (справа) давлений в затворе от хода шибера  $h$  при перепаде давления  $\Delta P = 10$  (а) и 25 МПа (б) и расходе метана  $Q = 200\ 000$  (1), 100 000 (2), 50 000 (3), 20 000 (4) и 0 м<sup>3</sup>/ч (5)

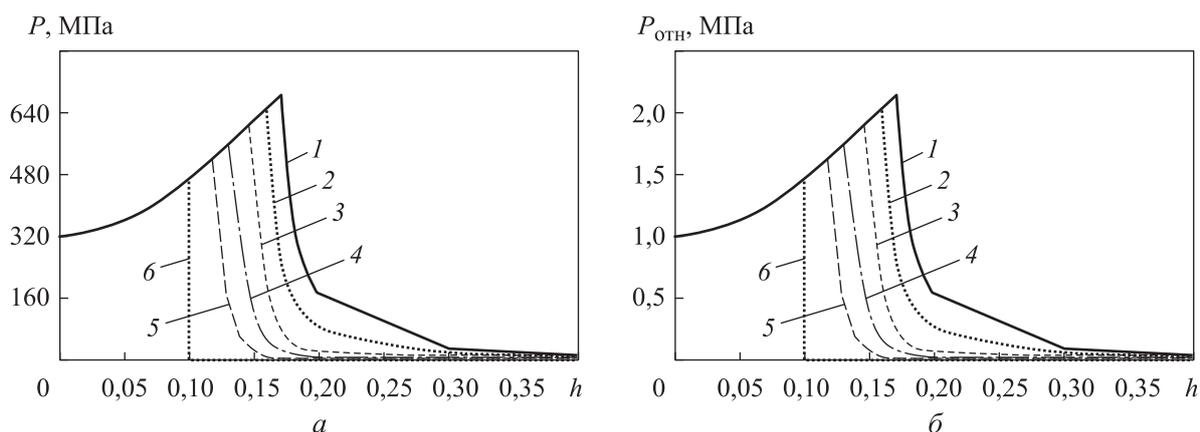


Рис. 3. Зависимости удельного  $P$  (а) относительного удельного  $P_{отн}$  (б) давлений в затворе от хода шибера  $h$  при перепаде давления  $\Delta P = 105$  МПа и расходе метана  $Q = 300\,000$  (1),  $200\,000$  (2),  $100\,000$  (3),  $50\,000$  (4),  $20\,000$  (5) и  $0$   $\text{нм}^3/\text{ч}$  (6)

метана при нормальных условиях  $Q = 300\,000$ ,  $200\,000$ ,  $100\,000$ ,  $50\,000$  и  $20\,000$   $\text{нм}^3/\text{ч}$  (рис. 2 и 3).

Как видно из рис. 2 и 3, при перепаде давления на задвижке  $\Delta P = 10 \dots 105$  МПа и расходе метана  $Q = 20\,000 \dots 300\,000$   $\text{нм}^3/\text{ч}$  удельное давление увеличивается в 1,6–3,2 раза в диапазоне хода шибера от закрытого положения до  $h = 0,3$ .

## Выводы

1. Удельное давление в затворе задвижки зависит от изменения площади контакта уплотнительных полей седел и шибера при перемещении последнего, перепада давления на затворе, максимального значения расхода и

плотности рабочей среды и пропускной характеристики задвижки.

2. Рекомендовано после расчета удельного давления в закрытом положении затвора по известной методике, используемой при силовом расчете задвижки, определить максимальное значение удельного давления с учетом уменьшения площади контакта уплотнительных полей при подъеме шибера, пропускной характеристики задвижки, расхода и плотности рабочей среды.

3. При перепаде давления на задвижке от 10 до 105 МПа и расходе метана от 20 000 до 300 000  $\text{нм}^3/\text{ч}$  удельное давление увеличивается в 1,6–3,2 раза в диапазоне хода шибера от закрытого положения до  $h = 0,3$ .

## Литература

- [1] Гуревич Д.Ф. *Расчет и конструирование трубопроводной арматуры*. Москва, ЛКИ, 2008. 480 с.
- [2] СТ ЦКБА 002-2003. *Арматура трубопроводная. Задвижки. Методика силового расчета*. Санкт-Петербург, НПФ ЦКБА, 2017. 69 с.
- [3] Фоминых А.В., Муфтахов В.З., Наветкин В.А. и др. Определение коэффициента сжатия струи в затворе задвижек. *Вестник Курганской ГСХА*, 2022, № 1, с. 74–80, doi: [https://doi.org/10.52463/22274227\\_2022\\_41\\_74](https://doi.org/10.52463/22274227_2022_41_74)
- [4] Сухов С.А., Фоминых А.В., Чиняев И.Р. Управление зоной схлопывания кавитационных пузырьков в задвижке стабилизатором. *Ползуновский вестник*, 2018, № 4, с. 126–130.
- [5] Чиняев И.Р., Фоминых А.В., Сухов С.А. Повышение надежности и эффективности работы шиберной запорно-регулирующей задвижки. *Экспозиция нефть газ*, 2013, № 5, с. 80–82.
- [6] Сухов С.А. Повышение эффективности процесса регулирования потоков жидкости на основе совершенствования конструкции шиберных задвижек. *Арматуростроение*, 2014, № 1, с. 36–39.
- [7] Сухов С.А., Чиняев И.Р., Шанаурин А.Л. и др. Шиберное запорно-регулирующее устройство. *Трубопроводная арматура и оборудование*, 2017, № 5, с. 36–39.

- [8] Чиняев И.Р., Фоминых А.В., Пошивалов Е.А. и др. Определение пропускной характеристики задвижки шиберной запорно-регулирующей. *Экспозиция нефть газ*, 2015, № 2, с. 38–40.
- [9] Власюк П.Э., Чернышев А.В., Чиняев И.Р. и др. Расчет пропускной способности шиберной задвижки для технологических линий нефтегазодобывающей промышленности. *Трубопроводная арматура и оборудование*, 2022, № 2, с. 37–39.
- [10] Chinyaev I.R., Fominykh A.V., Sykhov S.A. Energy-saving shut-off and regulating device. *Procedia Eng.*, 2016, vol. 150, pp. 277–282, doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.003>
- [11] Чиняев И.Р., Шанаурин А.Л., Фоминых А.В. *Управление потоками жидкостей и газов. Ч. 1. Шиберные запорно-регулирующие устройства*. Курган, Изд-во КГУ, 2022. 248 с.
- [12] Чиняев И.Р., Шанаурин А.Л., Фоминых А.В. Расчет удельных давлений в задвижках при давлениях несжимаемой рабочей среды до 105 МПа. *Трубопроводная арматура и оборудование*, 2023, № 2, с. 39–41.
- [13] Фоминых А.В., Муфтахов В.З., Наветкин В.А. и др. Определение коэффициента сжатия струи в затворе задвижек. *Вестник Курганской ГСХА*, 2022, № 1, с. 74–80, doi: [https://doi.org/10.52463/22274227\\_2022\\_41\\_74](https://doi.org/10.52463/22274227_2022_41_74)
- [14] ГОСТ Р 55508–013. *Арматура трубопроводная. Методика экспериментального определения гидравлических и кавитационных характеристик*. Москва, Стандартинформ, 2014. 34 с.
- [15] ГОСТ 34437–2018. *Арматура трубопроводная. Методика экспериментального определения гидравлических и кавитационных характеристик*. Москва, Стандартинформ, 2018. 33 с.

## References

- [1] Gurevich D.F. *Raschet i konstruirovaniye truboprovodnoy armatury* [Calculation and design of pipeline valves]. Moscow, LKI Publ., 2008. 480 p. (In Russ.).
- [2] ST TsKBA 002-2003. *Armaturnaya truboprovodnaya. Zadvizhki. Metodika silovogo rascheta* [Standard ST CKBA 002-2003. Pipeline valves. Gate valves. Method for force calculation]. Sankt-Petersburg, NPF TsKBA Publ., 2017. 69 p. (In Russ.).
- [3] Fominykh A.V., Muftakhov V.Z., Navetkin V.A. et al. Determination of jet compression ratio in the gate valves. *Vestnik Kurganskoy GSKhA*, 2022, no. 1, pp. 74–80, doi: [https://doi.org/10.52463/22274227\\_2022\\_41\\_74](https://doi.org/10.52463/22274227_2022_41_74) (in Russ.).
- [4] Sukhov S.A., Fominykh A.V., Chinyaev I.R. Control of the cavitation bubble collapse zone in the gate by a stabiliser. *Polzunovskiy vestnik*, 2018, no. 4, pp. 126–130. (In Russ.).
- [5] Chinyaev I.R., Fominykh A.V., Sukhov S.A. Increase of reliability and overall performance of a stop-control gate valve. *Ekspozitsiya nef't gaz* [Exposition Oil & Gas], 2013, no. 5, pp. 80–82. (In Russ.).
- [6] Sukhov S.A. Improving the efficiency of fluid flow regulation based on improving the design of slide gate valves. *Armaturostroenie*, 2014, no. 1, pp. 36–39. (In Russ.).
- [7] Sukhov S.A., Chinyaev I.R., Shanaurin A.L. et al. Shiber locking and regulating device. *Truboprovodnaya armatura i oborudovanie*, 2017, no. 5, pp. 36–39. (In Russ.).
- [8] Chinyaev I.R., Fominykh A.V., Poshivalov E.A. et al. The throughput ability of shutoff and control valves. *Ekspozitsiya nef't gaz* [Exposition Oil & Gas], 2015, no. 2, pp. 38–40. (In Russ.).
- [9] Vlasjuk P.E., Chernyshev A.V., Chinyaev I.R. et al. Calculation of gate valve capacity for oil and gas production lines. *Truboprovodnaya armatura i oborudovanie*, 2022, no. 2, pp. 37–39. (In Russ.).
- [10] Chinyaev I.R., Fominykh A.V., Sykhov S.A. Energy-saving shut-off and regulating device. *Procedia Eng.*, 2016, vol. 150, pp. 277–282, doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.003>
- [11] Chinyaev I.R., Shanaurin A.L., Fominykh A.V. *Upravlenie potokami zhidkostey i gazov. Ch. 1. Shiberne zaporno-reguliruyushchie ustroystva* [Fluid and gas flow control. P. 1. Shifter shut-off and control devices]. Kurган, Izd-vo KGU Publ., 2022. 248 p. (In Russ.).

- [12] Chinyaev I.R., Shanaurin A.L., Fominykh A.V. Calculation of specific pressures in gate valves at pressures of incompressible working medium up to 105 MPa. *Truboprovodnaya armatura i oborudovanie*, 2023, no. 2, pp. 39–41. (In Russ.).
- [13] Fominykh A.V., Muftakhov V.Z., Navetkin V.A. et al. Determination of jet compression ratio in the gate valves. *Vestnik Kurganskoy GSKhA*, 2022, no. 1, pp. 74–80, doi: [https://doi.org/10.52463/22274227\\_2022\\_41\\_74](https://doi.org/10.52463/22274227_2022_41_74) (in Russ.).
- [14] GOST R 55508–2013. *Armatura truboprovodnaya. Metodika eksperimentalnogo opredeleniya gidravlicheskih i kavitatsionnykh kharakteristik* [State standard GOST R 55508–2013. Pipeline valves. Technique of the experimental definitions hydraulic and cavitation characteristics]. Moscow, Standartinform Publ., 2014. 34 p. (In Russ.).
- [15] GOST 34437–2018. *Armatura truboprovodnaya. Metodika eksperimentalnogo opredeleniya gidravlicheskih i kavitatsionnykh kharakteristik* [State standard GOST 34437–2018. Pipeline valves. Technique of the experimental determination of hydraulic and cavitation characteristics]. Moscow, Standartinform Publ., 2018. 33 p. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 29.05.2023

## Информация об авторе

**ЧИНЯЕВ Ильгиз Рашитович** — кандидат технических наук, учредитель. ООО Научно-производственной фирмы «МКТ-АСДМ» (64000, Курган, Российская Федерация, ул. Набережная, д. 2а, e-mail: [ruk\\_mkt@mail.ru](mailto:ruk_mkt@mail.ru)).

## Information about the author

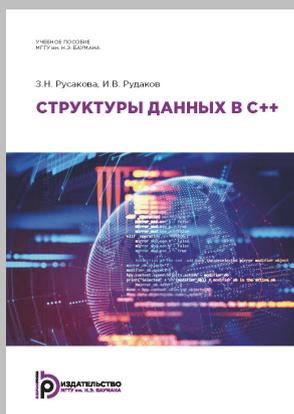
**CHINYAEV Ilgiz Rashitovich** — Candidate of Science (Eng.), Founder. LLC NPF MKT-ASDM (64000, Kurgan, Russian Federation, Naberezhnaya St., Bldg. 2a, e-mail: [ruk\\_mkt@mail.ru](mailto:ruk_mkt@mail.ru)).

### Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Чиняев И.Р. Расчет удельных давлений в задвижках при давлениях газа до 105 МПа. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2023, № 7, с. 107–112, doi: 10.18698/0536-1044-2023-7-107-112

### Please cite this article in English as:

Chinyaev I.R. Calculation of specific pressures in gate valves at the gas pressure of up to 105 MPa. *BMSTU Journal of Mechanical Engineering*, 2023, no. 7, pp. 107–112, doi: 10.18698/0536-1044-2023-7-107-112



## Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана предлагает читателям учебное пособие

### «Структуры данных в C++»

Авторы: З.Н. Русакова, И.В. Рудаков

Рассмотрены методики, идиомы и приемы решения задач обработки динамических структур данных на языке C++. Подробно описаны вычислительные алгоритмы, реализованные с использованием нотации указателей. Приведены краткие теоретические сведения и примеры приложений по изучаемому материалу. Изложена методика выполнения лабораторных работ по рассматриваемым темам, которая используется авторами в процессе проведения практических занятий в МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Для студентов, обучающихся по направлениям подготовки «Программная инженерия» и «Информатика и вычислительная техника».

### По вопросам приобретения обращайтесь:

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.  
Тел.: +7 499 263-60-45, факс: +7 499 261-45-97;  
[press@bmstu.ru](mailto:press@bmstu.ru); <https://bmstu.press>