

УДК 004.94:574

П.С. Куприенко, В.Я. Манохин, С.А. Сазонова
**МОДЕЛИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ НОМОГРАММ ПРЕДЕЛЬНО
ДОПУСТИМЫХ ВЫБРОСОВ**

*Воронежский государственный технический университет,
Воронеж, Россия*

В статье представлены результаты моделирования норм предельно допустимых выбросов (ПДВ) от производственных процессов на асфальтобетонных заводах. Целью исследований является расчет значений предельно допустимых выбросов от технологических производств на заводах. Для достижения поставленной цели был разработан простой и удобный для практического применения номограммный метод. Исследования показали, что разработанный метод определения ПДВ, основанный на применении спрямленных и сетчатых номограмм, позволяет существенно сократить трудоемкость, а также стоимость и сроки нормирования выбросов в атмосферу загрязняющих веществ по сравнению с существующими методами расчета ПДВ по нормативной литературе. Определяемые значения ПДВ необходимы для оценки существующей экологической обстановки на асфальтобетонных заводах, для разработки мероприятий по улучшению экологии и условий труда на опасных и вредных производствах. Проверка предлагаемого метода выполнялась не только с помощью сопоставления с существующими методами расчета, а также с помощью проведения сравнения полученных результатов с результатами, представленными в готовых проектах норм ПДВ на производственных объектах. В результате расчет ПДВ в проектах по предложенной методике дал отклонение не более 8% по сравнению с соответствующими, данными полученным по методике в нормативной литературе.

Ключевые слова: моделирование, номограммы, предельно допустимые выбросы, асфальтобетонные заводы, технологические процессы, экологическая безопасность, безопасность труда.

Введение. Производственные процессы на асфальтобетонных заводах (АБЗ) сопровождаются выбросом большого количества вредных веществ, негативно влияющих на условия труда [1, 2] и на экологическую обстановку [3, 4, 5] и на опасных и вредных производствах.

На практике определение значений ПДВ вредных веществ в атмосферу рациональнее производить с использованием компьютеров, так как такие расчеты достаточно громоздки. В основе проведенных расчетов применены разработанные модели норм предельно допустимых выбросов.

Материалы и методы. Определение ПДВ будем выполнять с помощью удобного для практического использования метода, основанного на применении номограмм, графиков и табличных значений. Рассмотрим последовательность расчетов по предлагаемому методу.

С помощью формулы [6] построим для параметра f сетчатую номограмму 1, изображенную на Рисунке 1:

$$f = 10^3 \cdot \frac{w_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}, \quad (1)$$

где W_0 - средняя скорость выходящей из устья газозвушной смеси, м/с.;
 D - диаметр устья выброса, м; H - фактическая высота существующего источника выброса, м; ΔT - значение разности температур окружающего воздуха T_e и газозвушной смеси T_z , °С.

Последовательность использования номограммы 1 следующая:

из точки с соответствующим значением $f_1 = 10 \cdot \frac{W_0^2}{H^2}$ в левой части номограммы, проводится перпендикулярно горизонтальной оси вертикальная прямая до пересечения с лучом D , то есть с заданным значением. Значения f_1 здесь являются исходными данными, сведенными в достаточно громоздкие таблицы, которые приведены в работе [6];

далее фиксируется точка пересечения D , от которой перпендикулярно исходному направлению и параллельно оси f_1 проводится линия связи в правую часть номограммы;

из точки ΔT , являющейся заданным значением в правой части номограммы, проводится перпендикулярная линия до пересечения с соответствующей линией связи f_1 ;

определяют точку пересечения f_1 и ΔT с помощью луча, отметка на котором является искомым значением f .

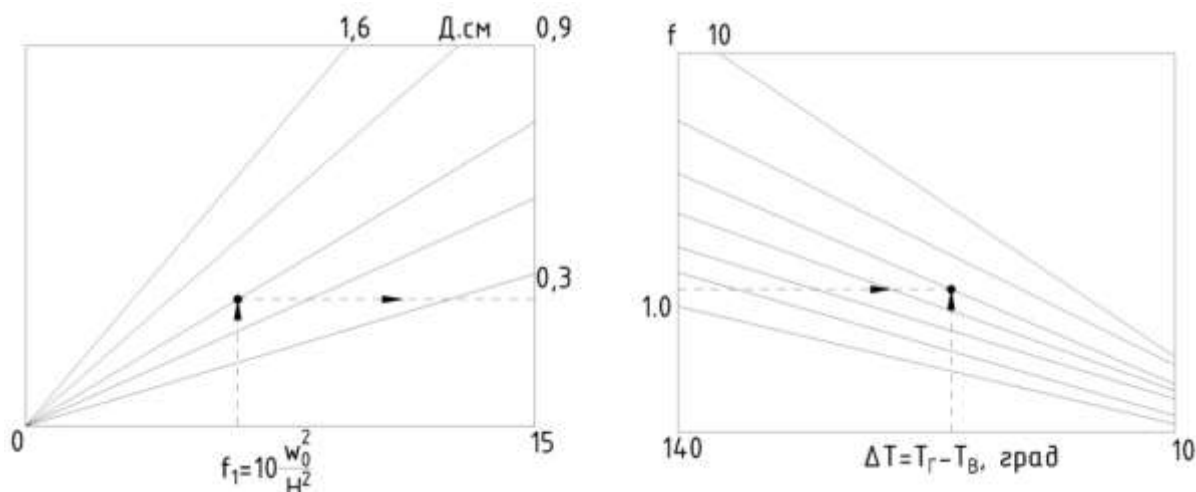


Рисунок 1 - Определение значения f с помощью номограммы 1

Для номограммы 1 на Рисунке 1 использовались для построения следующие диапазоны значения параметров: $0 \leq f_1 = 10 \cdot \frac{W_0^2}{H^2} \leq 15$ - при шаге $h_1=1$; $10 \leq H \leq 30$ - при шаге $h_2=1$; $0,3 \leq D \leq 1,6$ - при шаге $h_3=0,1$; $10 \leq \Delta T \leq 140$ - при шаге $h_4=10$.

Диапазоны значений параметров принимались на основе использования данных плановых инвентаризаций АБЗ. С использованием найденного с помощью номограммы 1 значения f_1 , определяем значение

коэффициента m по графику на Рисунке 2(а).

Для определения значений комплексной величины V_m построим составную номограмму 2, изображенную на Рисунке 3, с использованием параллельных шкал с мнимой опорной шкалой I на основе зависимости

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}, \quad (2)$$

где V_1 – объем просасываемого воздуха, м³/с.

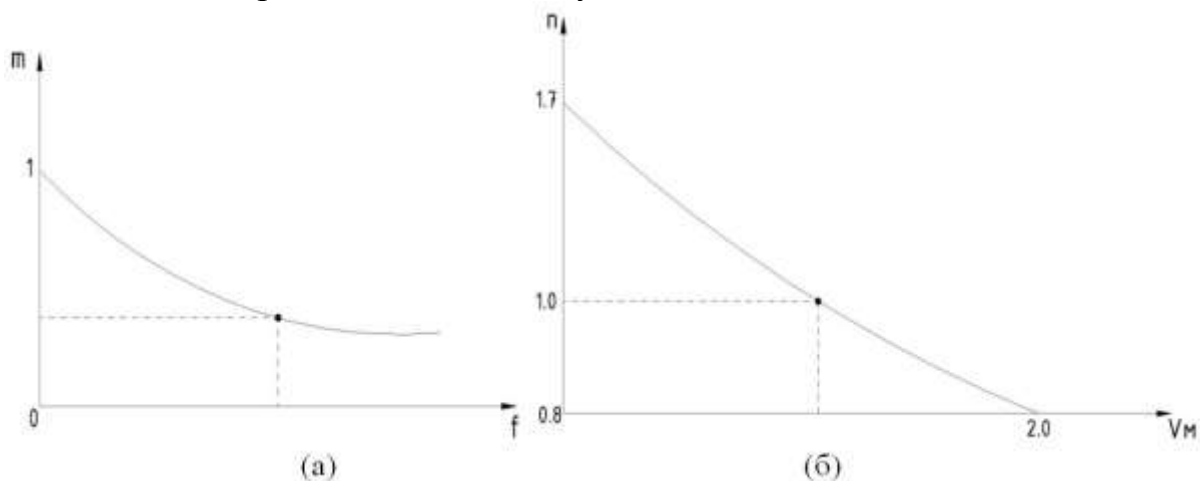


Рисунок 2 - Графики зависимости коэффициентов: (а) - $m=m(f)$; (б) - $n=n(V_m)$

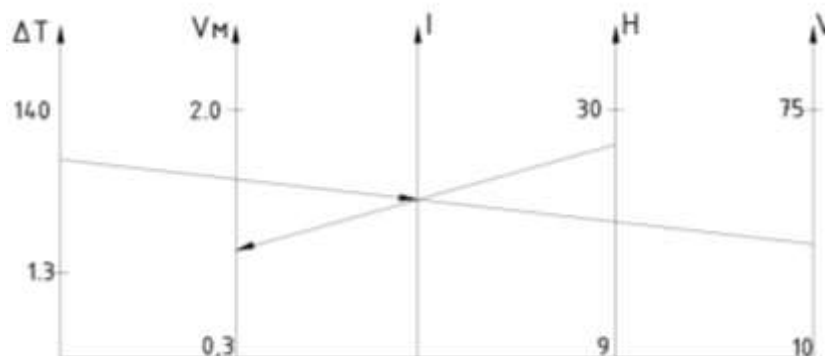


Рисунок 3 - Определение значения V_m с помощью номограммы 2

Последовательность использования номограммы 2 следующая:
 исходные значения ΔT и V_1 необходимо соединить прямой линией;
 определяется точка пересечения линии с опорной шкалой I ;
 от найденной точки на шкале I проводится прямая линия к точке на шкале H с исходным значением этого параметра;
 указанную прямую необходимо продолжить до пересечения со шкалой V_m , на которой в итоге будет определено искомое значение.

По графику на Рисунке 2(б) с помощью зависимости $n=n(V_m)$ определяем значение коэффициента n . По физическому смыслу

коэффициенты m и n учитывают условия выхода из источника выброса газовых смесей.

Значение ПДВ будем определять на основе найденных значений коэффициентов m и n с помощью зависимости:

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - c_{\phi}) \cdot Z}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot z}, \quad (3)$$

где $Z = H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}$ - вспомогательная величина; C_{ϕ} - концентрация загрязняющего вещества фоновая, мг/м³; ПДК - предельно допустимая концентрация вредных веществ, мг/м³; z - коэффициент, учитывающий рельеф местности при рассеивании загрязняющих веществ; A - коэффициент, учитывающий температурную стратификацию атмосферы; F - коэффициент, зависящий от скорости оседания вредных веществ в воздухе.

С целью определения значения параметра Z построим номограмму 3 на Рисунке 4, по аналогии с номограммой 2.

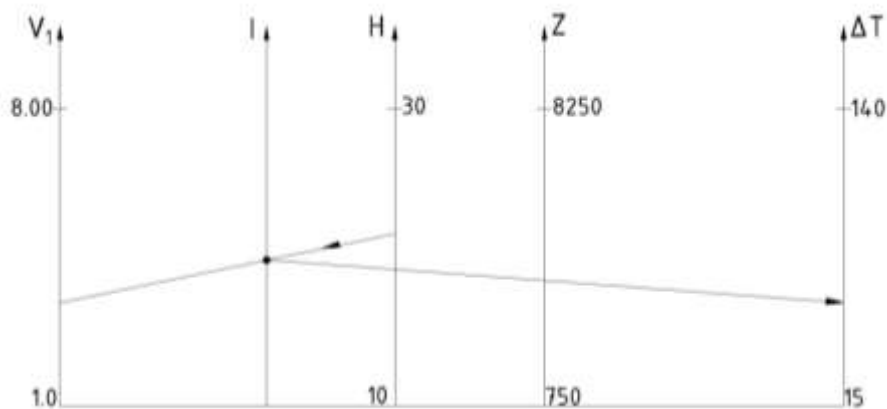


Рисунок 4 - Определение значения Z с помощью номограммы 3

Рассмотрим последовательность определения с помощью номограммного метода значений ПДВ для случая нулевого фонового загрязнения атмосферы.

Построим сетчатую номограмму на Рисунке 5 с четырьмя переменными на основе зависимости:

$$f = 10^2 \cdot f_1 \cdot \frac{D}{\Delta T}, \quad (4)$$

которую рассмотрим как уравнение с разделяющимися переменными

$$10^2 \cdot f_1 \cdot D = f \cdot \Delta T. \quad (5)$$

Так же как f_1 , значения $f_2 = 10^2 \cdot \frac{D}{\Delta T}$ сводятся в таблицы, которые приведены в работе [6]. Для определения значения f по номограмме на Рисунке 5, необходимы имеющиеся значения D , ΔT и найденное значение

f_1 . С помощью номограммы на Рисунке 6 можно оценить параметр $f = f_1 \cdot f_2$. Для этого потребуются значения величин m , n и V_m .

Используемая для расчетов номограмма, построена для трех переменных и классифицируется как простая сетчатая номограмма типа абака Декарта. Уравнение для номограммы примет вид $f = f_3 \cdot f_4$, где $f_3 = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{\Delta T}{H}}$, $f_4 = \sqrt[3]{V_1}$. Значения f_3 и f_4 определяют с помощью таблиц, которые приведены в работе [6]. С помощью этих значений определяют величину V_m с помощью графических кривых на Рисунке 7. Если $V_m > 2$, следует принять $n=1$. При $V_m \leq 0,3$, соответственно $n=3$.

Значения параметров $f_5 = \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}$ и $f_6 = H^2$ сводят в таблицы, приведенные в работе [3]. Значение Z определяем с помощью кривых зависимостей на Рисунке 8.

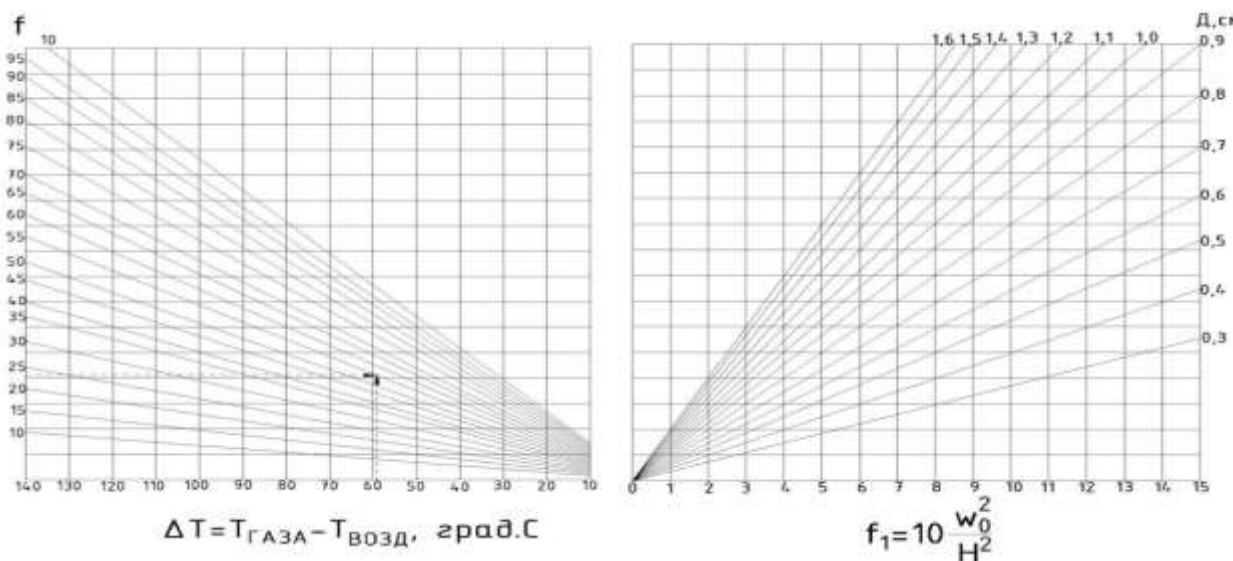


Рисунок 5 - Определение значения f с помощью номограммы

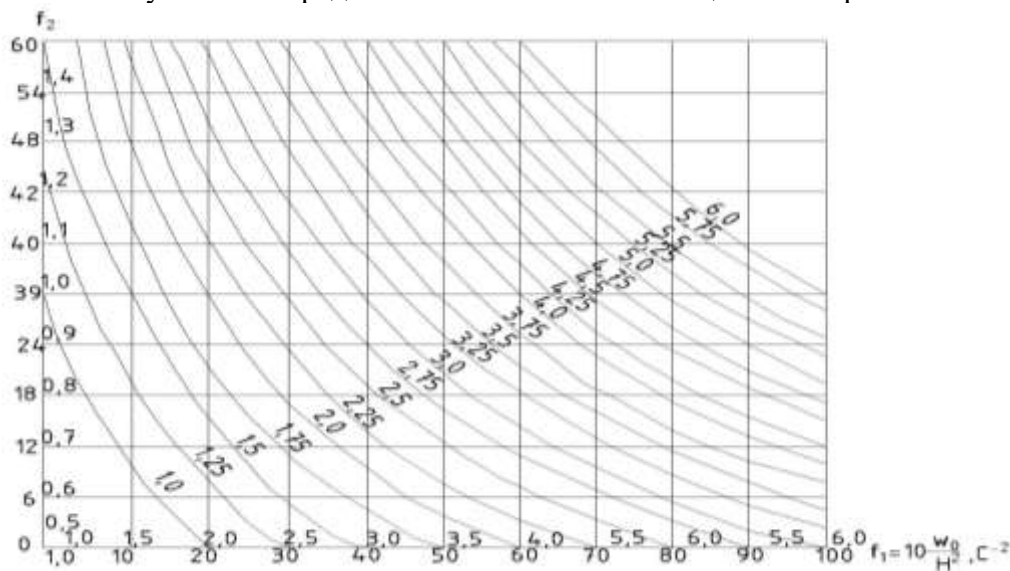


Рисунок 6 - Определение значения $f = 10^3 \cdot \frac{w_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}$ с помощью номограммы

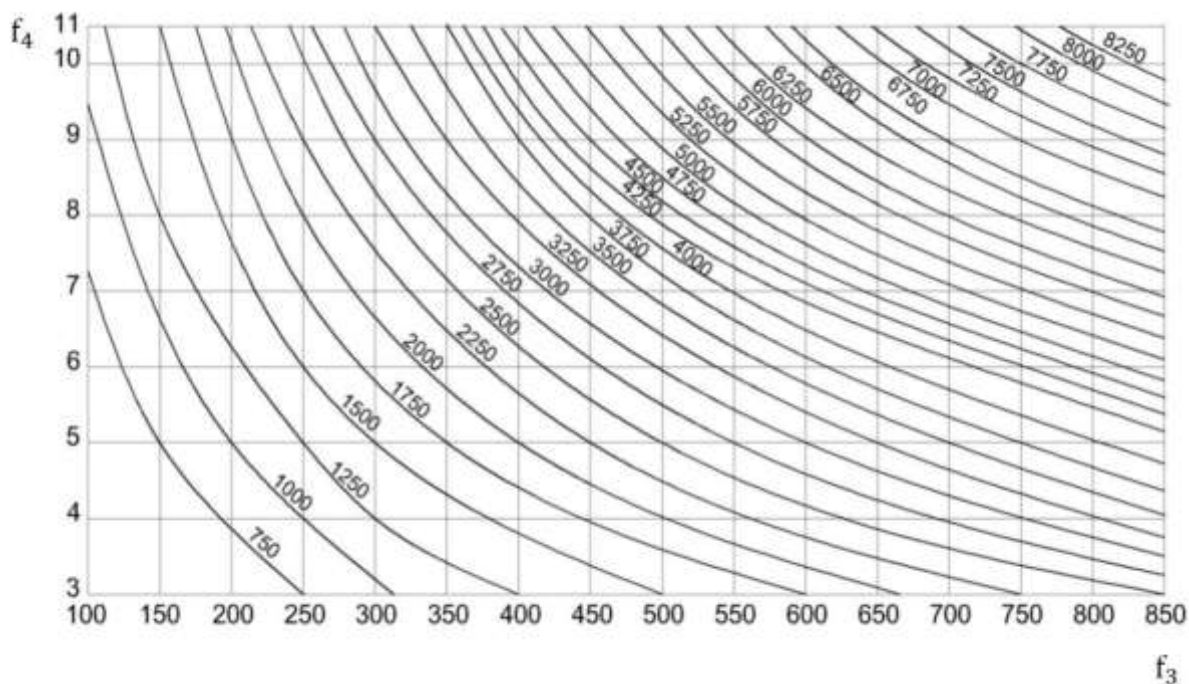


Рисунок 7 - Кривые зависимости $V_m = f_3 \cdot f_4$

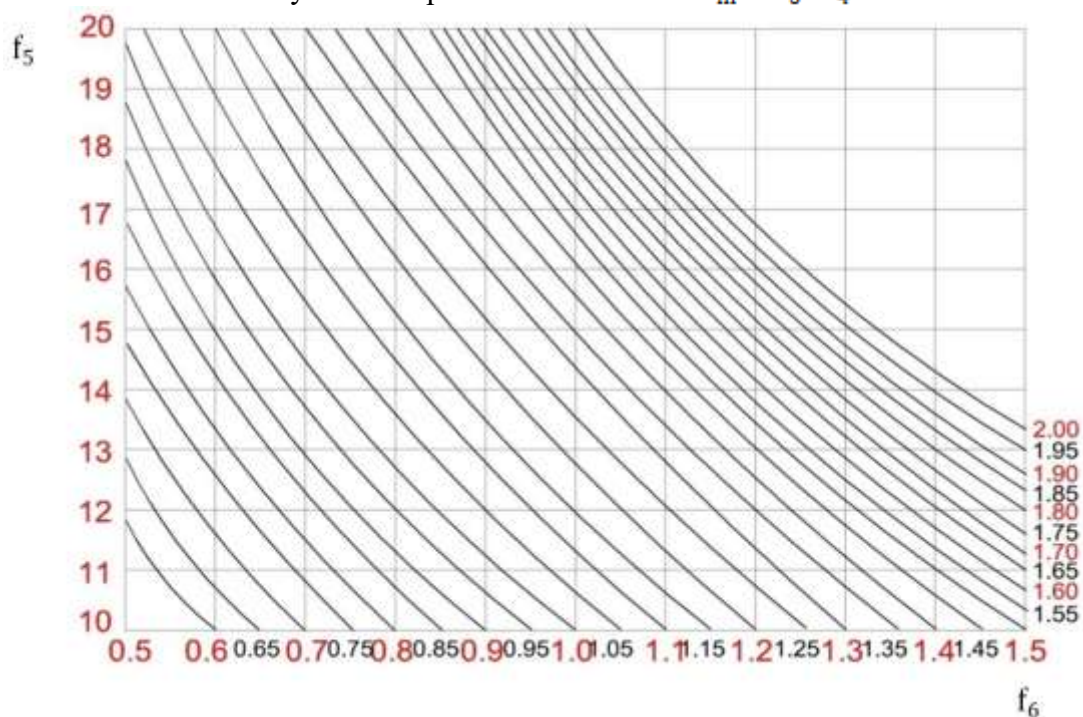


Рисунок 8 - Кривые зависимости $Z = f_5 \cdot f_6$

Вместо сетчатых номограмм можно использовать спрямленные на параллельных шкалах номограммы. В этом случае определить значение ПДВ возможно в следующей последовательности: по номограмме на

Рисунке 9 - по известным f_1 и f_2 ; по Рисунку 10 определяют $V_m = f_3 \cdot f_4$ по известным значениям f_3 и f_4 ; по номограмме на Рисунке 11 определяют $Z = f_5 \cdot f_6$ по известным значениям f_5 и f_6 . В результате определим искомое значение ПДВ по формуле (3).

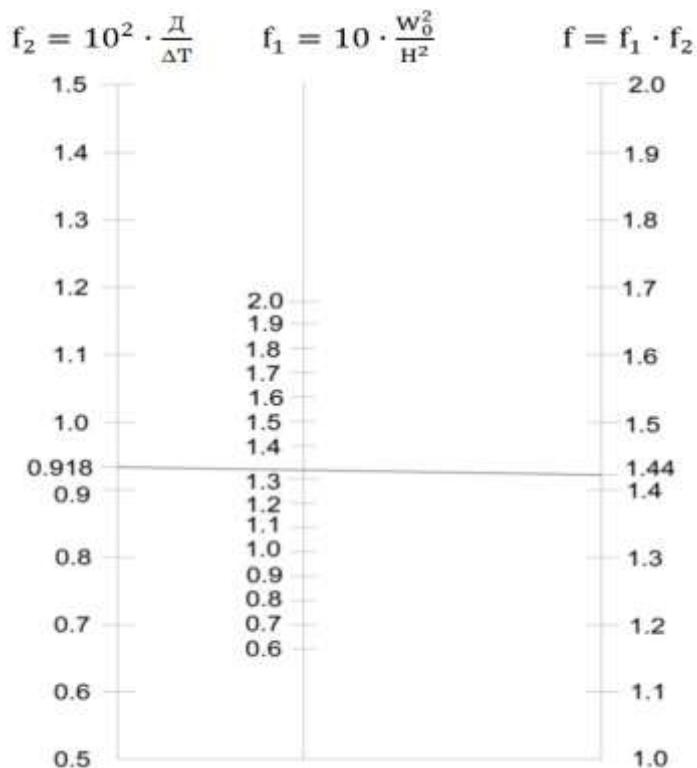


Рисунок 9 - Спрявленная номограмма для определения параметра $f = f_1 \cdot f_2$

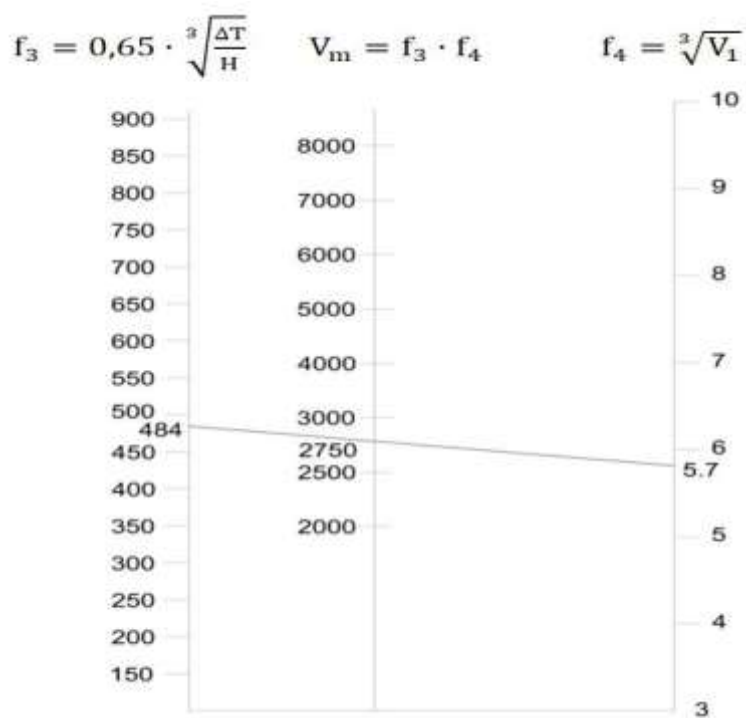


Рисунок 10 - Спряженная номограмма для определения параметра $V_m = f_3 \cdot f_4$

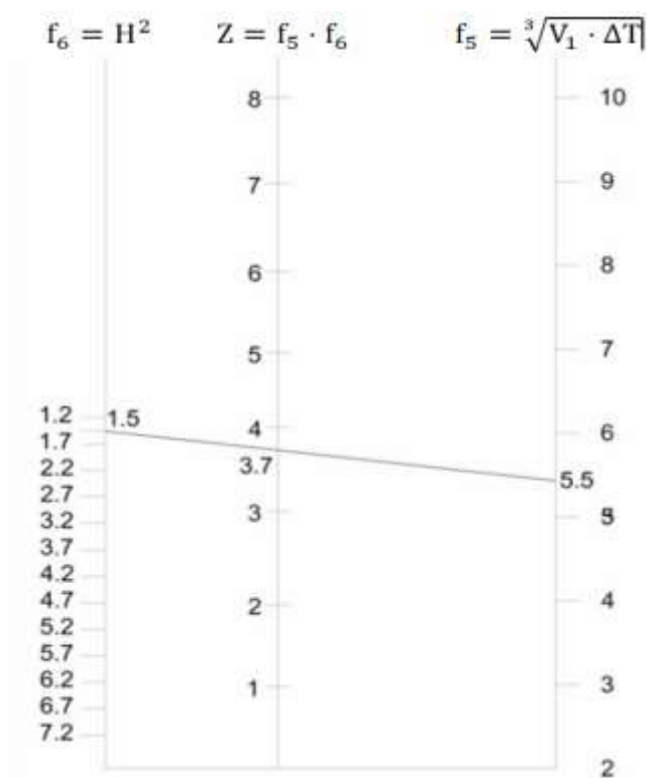


Рисунок 11 - Спряженная номограмма для определения параметра $Z = f_5 \cdot f_6$

Результаты и их обсуждение. Сетчатые номограммы позволяют существенно упростить расчеты при подготовке норм ПДВ и параметров рассеивания, но они могут быть заменены спрямленными на параллельных шкалах диаграммами.

В статье рассмотрены принципы расчета ПДВ при фоновой концентрации равной нулю. Традиционно найденные в рамках данной работы значения ПДВ принято определять на основе расчетов по нормативному источнику ОНД-86. При анализе данных, получаемых по предложенному номограммному методу, было установлено, что номограммный метод менее трудоемок, по сравнению с расчетами по ОНД-86, и, следовательно, более предпочтителен при выполнении инженерных расчетов на производственных объектах.

Предлагаемый метод был проверен при сравнении полученных результатов с готовыми проектами норм ПДВ для: г. Коломна на асфальтобетонном смесителе марки Д-508; г. Каменко-озерное на смесителе марки Д-597-А; ст. Подберезье на смесителе марки Д-508-А. В итоге было установлено, что результаты расчета ПДВ по проектам с применением разработанной методики дали отклонения, не превышающие 8% по сравнению с аналогичными расчетами по ОНД-86.

Заключение. С помощью использования, полученных по итогам инвентаризации АБЗ, баз данных были разработаны простые и удобные для практического применения методы определения ПДВ, основанные на применении спрямленных и сетчатых номограмм. Полученные методы позволяют существенно сократить трудоемкость, а также стоимость [7] и сроки нормирования выбросов в атмосферу загрязняющих веществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сазонова С.А. Охрана окружающей среды и обеспечение безопасности труда на асфальтобетонных заводах / С.А. Сазонова, С.Д. Николенко, В.Я. Манохин, М.В. Манохин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2016. №1(12). С. 111-114.
2. Николенко С.Д. Обеспечение безопасности труда и мероприятия по защите атмосферы на асфальтобетонных заводах / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Я. Манохин, М.В. Манохин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2016. №1(12). С. 108-110.

3. Chapman J. L. Ecology: Principles and Applications / J. L. Chapman, Michael Reiss. Cambridge University Press, 1999. 330 p.
4. Коробкин В.И. Экология / В.И. Коробкин, Л.В. Передельский. Ростов н/Д: Феникс, 2009. 602 с.
5. Гредел Т.Е. Промышленная экология / Т.Е. Гредел, Б.Р. Алленби / Пер.с англ. Под ред. Э.В. Гирусова (Серия «Зарубежный учебник»). М.: Изд-во ЮНИТИ, 2004. 527 с.
6. Манохин В.Я. Научно-практические и методологические основы экологической безопасности технологических процессов на асфальтобетонных заводах / В.Я. Манохин // дис. ... докт. техн. наук: 03.00.16. Воронеж, 2004. - 429 с.
7. Жидко Е.А. Информационная и интеллектуальная поддержка управления развитием социально-экономических систем / Е.А. Жидко, Л.Г. Попова // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 10 (93). С. 12-19.

P.S. Kuprienko, V.J. Manohin, S.A. Sazonova

MODELING USING NOMOGRAM MAXIMUM PERMISSIBLE EMISSIONS

Voronezh state technical University, Voronezh, Russia

The article presents the results of modeling the maximum permissible emissions from production processes at asphalt plants. The aim of the research is to calculate the maximum allowable emissions from process industries in factories. To achieve this goal, a simple and easy-to-use nomogram method was developed. Studies have shown that the developed method for determining the maximum permissible emissions, based on the use of straight and mesh nomograms, can significantly reduce the labor intensity, as well as the cost and time of rationing emissions of pollutants into the atmosphere compared to the existing methods of calculation of maximum permissible emissions in the regulatory literature. The determined values of maximum permissible emissions are necessary for the assessment of the existing environmental situation at asphalt plants, for the development of measures to improve the environment and working conditions at hazardous and harmful industries. Verification of the proposed method was carried out not only by comparing with existing methods of calculation, as well as by comparing the results with the results presented in the finished draft standards of maximum permissible emissions at production facilities. As a result, the calculation of maximum permissible emissions in the projects according to the proposed method gave a deviation of no more than 8% compared with the corresponding data obtained by the method in the regulatory literature.

Keywords: modeling, nomograms, maximum permissible emissions, asphalt plants, technological processes, environmental safety, labor safety.

REFERENCES

1. Sazonova S.A. Okhrana okruzhayushchey sredy i obespechenie bezopasnosti truda na asfal'tobetonnykh zavodakh / S.A. Sazonova, S.D. Nikolenko, V.Ya. Manokhin, M.V. Manokhin // Nauchnyy vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Fiziko-khimicheskie problemy i vysokie tekhnologii stroitel'nogo materialovedeniya. 2016. №1(12). S. 111-114.
2. Nikolenko S.D. Obespechenie bezopasnosti truda i meropriyatiya po zashchite atmosfery na asfal'tobetonnykh zavodakh / S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova, V.Ya. Manokhin, M.V. Manokhin // Nauchnyy vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Fiziko-khimicheskie problemy i vysokie tekhnologii stroitel'nogo materialovedeniya. 2016. №1(12). S. 108-110.
3. Chapman J. L. Ecology: Principles and Applications / J. L. Chapman, Michael Reiss. Cambridge University Press, 1999. 330 p.

4. Korobkin V.I. Ekologiya / V.I. Korobkin, L.V. Peredel'skiy. Rostov n/D: Feniks, 2009. 602 s.
5. Gredel T.E. Promyshlennaya ekologiya / T.E. Gredel, B.R. Allenbi / Per.s angl. Pod red. E.V. Girusova (Seriya «Zarubezhnyy uchebnyk»). M.: Izd-vo YuNITI, 2004. 527 s.
6. Manokhin V.Ya. Nauchno-prakticheskie i metodologicheskie osnovy ekologicheskoy bezopasnosti tekhnologicheskikh protsessov na asfal'tobetonnykh zavodakh / V.Ya. Manokhin // dis. ... dokt. tekhn. nauk: 03.00.16. Voronezh, 2004. - 429 s.
7. Zhidko E.A. Informatsionnaya i intellektual'naya podderzhka upravleniya razvitiem sotsial'no-ekonomicheskikh sistem / E.A. Zhidko, L.G. Popova // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2014. № 10 (93). S. 12-19.