

## Технико-экономическое обоснование выбора пылеулавливающего оборудования в проектных решениях реконструкции зданий

*С.Е. Манжилевская, М.Д. Дарсигов, Е.С. Кравченко*

*Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону*

**Аннотация:** В статье представлена оценка пылеулавливающего оборудования с точки зрения технологических, экономических, эксплуатационных характеристик. Определены критерии данной оценки и способы расчета показателей, характеризующие эффективность применения его в реконструкции зданий, проводимой в стесненных условиях городской застройки. Разработка проектных решений по реконструкции объектов не должна снижать уровень безопасности строителей и персонала объекта реконструкции, а также наносить ущерб окружающей среде, в частности, способствовать загрязнению атмосферного воздуха частицами пыли от строительных процессов. Внедрение в проектные решения экономически обоснованных средств борьбы с загрязнением атмосферного воздуха, а также эффективная организация строительного производства, снижающая экологическую нагрузку на территорию, позволит подрядчику повысить свое конкурентное преимущество при участии в тендерах и определении договорной цены на реконструкцию зданий. Выбор экономически эффективных защитных мероприятий позволит сэкономить затраты, впоследствии определив прибыль от работ по реконструкции здания. Приведенный в статье экономический расчет позволяет в каждом отдельном случае определить объем эксплуатационных затрат, и сделать рациональный выбор с экономической точки зрения приобретения и использования оборудования в процессе производства работ.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, экологический мониторинг, защита атмосферного воздуха, экология в строительстве, пылеподавление, технико-экономическое обоснование, системы пылеулавливания, охрана труда в строительстве.

Проектирование в сжатые сроки реконструкции объектов заменяет разработку проекта строительной организацией в составе рабочей документации разработкой локальных рабочих проектов для отдельных строительных процессов, чаще всего там, где планируются большие объемы работ. Разработка проектных решений по организации восстановительных работ ни в коем случае не должна снижать уровень безопасности строителей и персонала объекта реконструкции, а также наносить ущерб окружающей среде, в частности, способствовать загрязнению атмосферного воздуха частицами пыли от строительных процессов. В проектах строительных работ необходимо разработать меры по защите человеческого труда и защите

атмосферы и строителей от пыли и строительного мусора, шума, а также ввести повышенные меры пожарной безопасности [1].

Проектные решения по организации работ реконструкции имеют ряд особенностей:

1. Часто работы по реконструкции производятся без остановки функционального процесса здания, соответственно, разработанный проект производства работ должен быть согласован с администрацией объекта, находящегося в эксплуатации;

2. При выполнении работ в стесненных условиях необходимо разработать специализированные методы производства конкретных строительных работ и реализовать их технологические карты, увязанные с функциональными процессами на объекте;

3. Сжатые сроки проведения реконструкции;

4. Условия повышенной опасности труда;

5. Оперативная корректировка графика работы в рабочем процессе;

6. Экологический мониторинг в процессе реконструкции осуществляется подрядчиком под надзором соответствующих природоохранных органов. Экологический мониторинг подразделяется на два уровня: регулярный мониторинг со стороны подрядчиков и выборочные проверки со стороны заказчика [2, 3].

Экологический мониторинг должен отвечать следующим требованиям:

- содержание мониторинга должно соответствовать требованиям оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) и Департамента охраны окружающей среды;

- конкретные точки мониторинга, периодичность и точки мониторинга определяются заказчиком и исполнителем.

- мониторинг осуществляется генеральным подрядчиком или сторонним надзорным органом, указанным заказчиком. Все результаты

---

мониторинга должны быть обобщены и представлены комитету по охране окружающей среды для анализа [4, 5].

Экологический менеджмент, включенный в реконструкцию объектов, должен охватывать все время, как пространство строительной площадки, так и организацию процессов, способных минимизировать вред соседней территории.

Внедрение в проектные решения экономически обоснованных средств борьбы с загрязнением атмосферного воздуха, а также эффективная организация строительного производства, снижающая экологическую нагрузку на территорию, позволит подрядчику повысить свое конкурентное преимущество при участии в тендерах и определении договорной цены на реконструкцию зданий. Выбор экономически эффективных защитных мероприятий позволит сэкономить затраты, впоследствии определив прибыль от работ по реконструкции здания [6, 7].

При выборе оборудования для очистки воздуха подрядчик сталкивается с проблемами эффективности и стоимости, и, если у него нет большого опыта в применении подобных установок, он вряд ли сможет принять решение без подготовки. Качество требуемого оборудования определяется количеством и характером загрязняющего вещества. При устройстве или монтаже новой системы на строительной площадке необходимо провести тщательные выборочные исследования по оценке таких показателей как температура, влажность, распределение по размерам частиц пыли, концентрацию и состав частиц, а также природу и состав газообразных загрязняющих веществ. Только после такого исчерпывающего обследования строительного процесса можно задуматься о качестве воздухоочистительного оборудования и о претензиях производителей на эффективность своей продукции. Тем не менее, данные, приводимые производителями воздухоочистителей, обычно относятся к стандартной пыли, и они не могут

---

воздействовать на частицы различных размеров и плотностей в газах при различных температурах и влажности. Также проверено, что зачастую эффективность оборудования преувеличена, особенно когда она превышает 98%. Разница между 99 и 99,9% эффективностью может показаться незначительной на первый взгляд, но становится заметной, когда выражается как разница 10:1 в подавлении и снижении концентрации пылевого загрязнения.

В некоторых ситуациях выбор ограничен условиями использования, даже до рассмотрения первоначальных и эксплуатационных расходов, и из многих методов очистки воздуха выбор подрядчика на практике далеко не так широк, как может показаться на первый взгляд. На окончательное решение также, вероятно, влияют обещания сроков поставки и надежность поставщиков. Гарантию эффективности устройств подрядчику обеспечивает первоначальное обследование пылевых и газообразных выбросов и обеспечение эффективности, которая будет постоянно поддерживаться при эксплуатации установки в разумных условиях. Хотя первое испытание установки может не соответствовать техническим требованиям, необходимые изменения должны носить простой характер, если конструкция является надежной. Типичные изменения могут заключаться в увеличении подачи воды в мокрый скруббер или улучшении структуры воздушного потока в электрофилтре. Устройство для очистки воздуха часто представляет собой заметную долю стоимости установки, и серьезные поправки к плохо спроектированной системе могут быть дорогостоящими. Наконец, хотя это не всегда так, более эффективное оборудование обычно дороже в капитальных и/или эксплуатационных расходах.

Наиболее важные факторы, влияющие на выбор очистителя, перечислены ниже:

- размер и концентрация частиц;
-

- характер загрязняющего вещества;
- объем расхода воды;
- сопротивляемость частиц воздушному потоку;
- температура и влажность газа;
- свободное пространство;
- способы удаления сточных вод;
- место расположения установки или оборудования;
- стоимость установки.

Эти факторы часто тесно взаимосвязаны. Когда пространство под пылеочистительное строго ограничено. Иногда, например, необходимо выбрать небольшое, но дорогое оборудование, где в противном случае могут подойти одинаково эффективные и более дешевые, но более крупные устройства. В труднодоступных местах, таких как стройки в стесненных условиях, может потребоваться более эффективное и дорогостоящее оборудование, чем для отдельно стоящих объектов. Каждая конкретная ситуация должна решаться на основе совокупности достоинств различных факторов, и ни одно решение не всегда очевидно. Рассмотрение конкретных решений согласно как технических, так и экономических факторов требует более детального изучения и проработки [8-10].

В выборе экономически эффективного оборудования в качестве защиты от пылевых выбросов следует придерживаться расчета следующих показателей:

1. Коэффициент использования оборудования ( $K_{исп}$ ) - отношение времени фактической работы машины за определенный период времени к длительности этого периода:

$$K_{исп} = \frac{T_{ФАКТ}}{T_{Эс}}, \quad (1)$$

где  $T_{Эс}$  - период эксплуатации оборудования, мес.;

---

$T_{\text{ФАКТ}}$  - фактическое время работы оборудования за этот период, мес.

При непрерывной работе  $K_{\text{ИСП}} \leq 1$  (обычно меньше единицы из-за того, что какое-то время уходит на ремонт). Оборудование, используемое периодически, на некоторых технологических процессах,  $K_{\text{ИСП}} = 0,05- 0,1$ .

2. Рентабельность оборудования (Р) - отношение полезной отдачи оборудования О за определенный период к сумме затрат  $Z_{\text{ОБ}}$  за тот же период

$$P = \frac{O}{Z_{\text{ОБ}}}, \quad (2)$$

Например, при установке на строительной площадке мокрого пылеуловителя О - сумма, которая до этого затрачивалась на предотвращение распространение пыли на строительной площадке (увлажнение воздуха, уборка территории и помещений, стоимость очистки или замены спецодежды рабочих) и простои за отсутствие рабочих, которые на больничном (суммарный коэффициент, учитывающий эти расходы, определяется с учетом статистических данных заболеваний рабочих  $K \leq 1,3$ ).

Сумму затрат на обслуживание пылеулавливающего оборудования можно определить с помощью выражения:

$$Z_{\text{ОБ}} = Z_{\text{ЭН}} + Z_{\text{РМ}} + Z_{\text{РЕМ}} + Z_{\text{АМ}}, \quad (3)$$

где  $Z_{\text{ЭН}}$  - затраты на расходуемую электроэнергию;

$Z_{\text{РМ}}$  - стоимость расходных материалов (например, фильтрующего материала, который периодически заменяют, вода);

$Z_{\text{РЕМ}}$  - стоимость запасных частей, оплата обслуживающего персонала за ремонт, инструмент, необходимые для обслуживания при эксплуатации оборудования;

$Z_{AM}$  - амортизационные расходы, уменьшающие стоимость оборудования из-за его износа). При выборе эффективного оборудования показатель  $P$  должен быть больше 1.

3. Экономический эффект от использования оборудования в процессе реконструкции объекта:

$$\varepsilon = O - Z = O \left( \frac{Z_{OB}}{O} \right) = O \left( 1 - \frac{1}{P} \right), \quad (4)$$

$O$  – полезная отдача оборудования за время использования, руб.;

Суммарный экономический эффект  $\Sigma \varepsilon$  за весь период службы оборудования равен

$$\Sigma \varepsilon = \Sigma O - \Sigma Z_{OB}, \quad (5)$$

где  $\Sigma O$  - суммарная отдача за период эксплуатации всего пылеулавливающего оборудования в процессе реконструкции объекта, руб.;

$\Sigma Z_{OB}$  - сумма затрат за период эксплуатации всего пылеулавливающего оборудования, руб.;

Более детализированный расчет имеет вид:

$$\Sigma \varepsilon = \Sigma O - (\Sigma Z_{ЭН} + \Sigma Z_{PM} + \Sigma Z_{PEM} + \Sigma Z_{AM}). \quad (6)$$

Суммарная отдача  $\Sigma O$  и эксплуатационные затраты, кроме  $\Sigma Z_{PEM}$  и  $\Sigma Z_{AM}$ , пропорциональны фактической продолжительности работы  $T_{ФАКТ}$  за период эксплуатации. Затраты  $\Sigma Z_{PEM}$  не зависят напрямую от  $T_{ФАКТ}$ , их размер определяется условиями эксплуатации и надежностью оборудования.

Более точное определение  $\Sigma \varepsilon$  имеет вид

$$\Sigma \varepsilon = T_{ЭС} \times [O - (Z_{ЭН} + Z_{PM})] - \Sigma Z_{PEM} - \Sigma Z_{AM}. \quad (7)$$

4. Коэффициент эксплуатационных затрат  $K_{ЭЗ}$  - отношение суммы затрат за весь период работы оборудования к его стоимости

$$K_{ЭЗ} = \frac{\sum Z_{ОБ}}{C_{ОБ}}, \quad (8)$$

где  $C_{ОБ}$  – стоимость покупки или аренды оборудования.

5. Коэффициент стоимости оборудования  $K_{СОБ}$  – процентное отношение стоимости машины к сумме затрат

$$K_{СОБ} = \frac{C_{ОБ}}{\sum Z_{ОБ}} \times 100\%. \quad (9)$$

Коэффициент эксплуатационных затрат  $K_{ЭЗ}$  возрастает с увеличением долговечности и при больших значениях  $T_{ЭС}$  может достигать 50-100. Таким образом снижается часть амортизационных затрат  $Z_{АМ}$ , в общей сумме затрат.

Рассмотрим пример технико-экономического обоснования выбора пылеулавливающего оборудования в процессе реконструкции жилого здания в стесненных условиях. Для сравнения рассмотрим оборудование по производительности с одинаковыми характеристиками очистки, но с разными эксплуатационными характеристиками и эксплуатационными затратами. Исходные данные для расчета и результаты приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Исходные данные для технико-экономического обоснования выбора пылеулавливающего оборудования

№ п/п	Исходные данные	Ед. изм.	Вариант 1. Пушка туманообразования HAOHONG HHWP-30	Вариант 2. Промышленный пылесос с циклонным сепаратором Karcher IVC 60/24-2 Ap
1	$C_{ОБ}$	руб.	75000+54750 =129750 (доставка из Китая)	160000
2	$O$	руб.	120000	120000
3	$T_{ЭС}$	мес.	6	6
4	$Z_{ЭН}$	руб.	26600	4600
5	$Z_{РЕМ}$	руб.	33000	7200
6	$T_{ФАКТ}$	мес.	4	4



7	$Z_{PM}$	руб.	3750	2000
8	$Z_{AM}$	руб.	1200	2560

Таблица 2 – Результаты расчета технико-экономического обоснования

№ п/п	Показатели	Вариант 1.	Вариант 2.
1	$K_{исп}$	$K_{исп} = \frac{4}{6} = 0,67$	$K_{исп} = \frac{4}{6} = 0,67$
2	$Z_{об}$	$Z_{об} = 26600 + 33000 + 3750 + 1200$	$Z_{об} = 4600 + 7200 + 2000 + 2560$
3	$P$	$P = \frac{120000}{64550} = 1,85$	$P = \frac{120000}{16360} = 7,3$
4	$\mathcal{E}$	$120000 \left(1 - \frac{1}{1,85}\right) = 55200$	$120000 \left(1 - \frac{1}{7,3}\right) = 104400$
5	$K_{эз}$	$K_{эз} = \frac{64550}{129750} = 0,49$	$K_{эз} = \frac{16360}{160000} = 0,1$
6	$K_{соб}$	$K_{соб} = \frac{129750}{64550} \times 100\% = 201$	$K_{соб} = \frac{160000}{16360} \times 100\% = 977$

Данный экономический расчет позволяет в каждом отдельном случае определить объем эксплуатационных затрат, и сделать рациональный выбор с экономической точки зрения приобретения и использования оборудования в процессе производства работ. Экономический эффект более всего зависит от полезной отдачи оборудования, надежности, которая определяет объем затрат на ремонт во время срока эксплуатации оборудования, дополнительных затрат на доставку оборудования. Данные показатели должны быть в приоритете при выборе оборудования. Зачастую затраты на ремонт превышают иногда и стоимость оборудования и полезную отдачу в зависимости от интенсивности эксплуатации, что делает оборудование нерентабельным, но технические характеристики и условия производства работ преобладают над выгодой. Метод определения экономически и технически эффективного оборудования для использования реально

применять для любого оборудования с разными техническими и эксплуатационными характеристиками, разными по стоимости, в зависимости от того что может позволить себе каждая строительная организация в качестве мер по пылеподавлению.

### Литература

1. Беспалов В.И., Котлярова Е.В., Бондаренко А.С. Научно методические основы обеспечения экологической безопасности территорий в условиях урбанизации// Инженерный вестник Дона, 2019. № 1. - URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5553](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5553)

2. Ганичева Л.З. Анализ состояния атмосферного воздуха в промышленных городах Ростовской области// Инженерный вестник Дона, 2013. № 2. - URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1701](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1701)

3. Чебанова С.А., Азаров В.Н., Азаров А.В., Поляков В.Г. Влияние организационно-технологических решений строительства в стесненных условиях на окружающую среду// Инженерный вестник Дона, 2018. № 1. - URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4790](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4790)

4. Калюжина Е.А., Несветаев Г.В., Азаров В.Н. Исследования значений  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  в выбросах в атмосферу и рабочую зону при ремонтно-строительных работах // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер. Политематическая, 2012. №1 (20). – URL: [vestnik.vgasu.ru/?source=4&articleno=785](http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&articleno=785)

5. Глинянова И.Ю. Оценка загрязнения окружающей среды примесями кислых или щелочных веществ с одновременной оценкой их удельной электрической проводимости // Инженерный вестник Дона, 2019. № 6. - URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N6y2019/6066](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N6y2019/6066)

6. Hritonenko N. Mathematical Modeling in Economics, Ecology and the Environment. Springer Science & Business Media, 2014. 296 p.



7. Gillman M. An Introduction to Mathematical Models in Ecology and Evolution: Time and Space. John Wiley & Sons, 2009. 158 p.
8. Versini P.-A., Gires A., Tchiguirinskaia I., Schertzer D. Fractal analysis of green roof spatial implementation in European cities. Urban Forestry & Urban Greening, volume 49, 2020. Pp.114-122.
9. Shafique Muhammad, Luo Xiaowei, Zuo Jian. Photovoltaic-green roofs: A review of benefits, limitations, and trends. Solar Energy, volume 202, 2020. Pp. 485-497.
10. Bevilacqua Piero, Bruno Roberto, Arcuri Natale. Green roofs in a Mediterranean climate: energy performances based on in-situ experimental data. Renewable Energy, volume 152, 2020. Pp. 1414-1430.

### References

1. Bespalov V.I., Kotlyarova E.V., Bondarenko A.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019. № 1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5553](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5553)
2. Ganicheva L.Z. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, № 2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1701](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1701)
3. Chebanova S.A., Azarov V.N., Azarov A.V., Polyakov V.G. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, № 1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4790](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4790)
4. Kaluzhina E.A., Nesvetaev G.V., Azarov V.N. Internet-vestnik VolgGASU, 2012. № 1. URL: [vestnik.vgasu.ru/?source=4&articleno=785](http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&articleno=785)
5. Glinyanova I.U. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, № 6. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N6y2019/6066](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N6y2019/6066)
6. Hritonenko N. Mathematical Modeling in Economics, Ecology and the Environment. Springer Science & Business Media, 2014. 296 p.
7. Gillman M. An Introduction to Mathematical Models in Ecology and Evolution: Time and Space. John Wiley & Sons, 2009. 158 p.



8. Versini P.-A., Gires A., Tchiguirinskaia I., Schertzer D. Fractal analysis of green roof spatial implementation in European cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, volume 49, 2020. Pp.114-122.

9. Shafique Muhammad, Luo Xiaowei, Zuo Jian. *Solar Energy*, volume 202, 2020. Pp 485-497.

10. Bevilacqua Piero, Bruno Roberto, Arcuri Natale. *Renewable Energy*, volume 152, 2020. Pp. 1414-1430.