

4. Новоселов В.Г. Экспериментальное исследование изменения шероховатости поверхности в процессе фрезерования древесины / В.Г. Новоселов, И.Т. Рогожникова // Известия высших учебных заведений; Лесной журнал. – 2011. – № 6. – С. 70–75.
5. Глебов И.Т. Справочник по резанию древесины: справочник / И.Т. Глебов, В.Г. Новоселов, Л.Г. Швамм. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. универ. – 1999. – 190 с.
6. Попов Ю.П. Расчет оптимальных режимов работы шлифовальных станков / Ю.П. Попов // Деревообрабатывающая промышленность. – 1965. – № 4. – С. 12–14.
7. Манжос Ф.М. Дереворежущие станки / Ф.М. Манжос. – М.: Лесная промышленность, 1974. – 456 с.
8. Бершадский А.Л. Резание древесины / А.Л. Бершадский, Н.И. Цветкова. – Минск: Вышэйшая шк., 1975. – 304 с.

УДК 674:006: [621.928.9+621.867.8 621]

С.П. Трофимов

(БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь), tsp46@mail.ru

НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ АСПИРАЦИИ И ПНЕВМОТРАНСПОРТА В ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРОИЗВОДСТВЕ

NORMS OF DESIGNING ASPIRATION AND PNEUMATIC CONVEYING SYSTEMS IN WOODWORKING PRODUCTION

Отражены результаты разработки норм проектирования систем аспирации и пневмотранспорта измельченной древесины в деревообрабатывающей промышленности. Они имеют статус технического кодекса установившейся практики (ТКП) и предназначены для использования в Республике Беларусь.

It reflects the results of the development norms of design aspiration and pneumatic conveying systems crushed wood in the woodworking production. It has the status of a technical code of practice (TCP) and intended for use in the Republic of Belarus.

Системы аспирации и пневмотранспорта (САП) в деревообработке выполняют функции удаления измельченных отходов, образующихся при пилении, фрезеровании, сверлении, шлифовании, выполнении других технологических операций, а также вытяжной вентиляции помещений и обеспечения требуемых санитарно-гигиенических условий труда. Они являются важной составляющей транспортного обеспечения многих производств.

К преимуществам САП относятся: автоматизация удаления измельченных материалов от режущих головок и других мест их образования; компактность конструктивных элементов; возможность сложной пространственной трассировки и размещения в стесненных условиях; простота изготовления, управления и регулирования; высокая производительность; небольшие затраты на монтаж, ремонт и обслуживание.

Наряду с положительным САП характеризуются: высоким потреблением электрической и тепловой (в отопительный период) энергии; повышенной (в некоторых производствах) взрывопожарной опасностью и факторами вредного воздействия на окружающую среду (шум и выбросы загрязнителей в атмосферу). Низкая эффективность аспирации может явиться причиной ухудшения работы режущих головок и качества обработки материала.

Как правило, САП требуют индивидуального проектирования с учетом состава, режима работы обслуживаемого оборудования и условий конкретных производств [1–4].

Без аэродинамического расчета, определения мощности привода и регулирования вентилятора используются обычно только аспирационные фильтры-стружкоотсосы для локального обслуживания технологического оборудования. Они не предусматривают вынос отходов за пределы цеха, а при выборе этих устройств принимается во внимание потребная производительность по воздуху.

Задачи обеспечения технологической и энергетической эффективности, взрывопожарной, экологической безопасности производств изначально решаются при проектировании предприятий и технических систем (рисунок), конструировании, изготовлении, выборе элементов комплектации и материалов, а также в процессе монтажа, пуско-наладки, контроля состояния, регулирования и эксплуатации технологического оборудования и САП.



Размещение вентиляторов и фильтров САП на кровле цеха (г. Могилев)

Одним из основополагающих принципов проектирования, эффективной, безопасной эксплуатации и контроля функционирования систем аспирации является техническое нормирование их рабочих параметров, которое базируется на результатах практического опыта и научно-исследовательских работ.

Правила и технические нормы, имеющие отношение к обеспечению пожаро-, взрывобезопасности при проектировании предприятий, при выборе оборудования и эксплуатации систем аспирации фрагментально отражены в некоторых технических нормативных правовых актах (ТНПА), ссылки на которые приведены в [1–4], однако единых специальных норм проектирования этих сложных дорогостоящих, энергозатратных и небезопасных по нескольким критериям систем до сих пор не было.

Указанные характеристики САП, опыт эксплуатации и факты происшествий, на предприятиях, включая трагические (взрывы на Минском заводе радиотелефуляров: в 1972 г. погибло более 100 чел., в производстве древесных гранул «Пинскдрев-ДСП» в 2010 г. – более 10 чел. и др.), обуславливают актуальность совершенствования проектных решений и норм в области аспирации деревообрабатывающих производств.

С учетом вышеуказанных обстоятельств в 2011 г. на совещании в Госстандарте РБ в соответствии с поручением Совета Министров РБ было принято решение о разработке технического кодекса установившейся практики – ТКП «Системы аспирации и пневмотранспорта в деревообрабатывающем производстве, включая производство древесных топливных гранул (пеллет) и брикетов. Нормы проектирования». В процессе подготовки к разработке норм и некоторых консультаций принимали участие специалисты РБ, РФ, Австрии, Литвы и Германии.

Разработка ТКП базировалась на результатах предшествовавших исследований, анализа большого количества источников информации, технических норм проектирования и стандартов Республики Беларусь и других стран. В частности были рассмотрены нормативные документы евросоюза EN 12779:2004+A1:2009 Sicherheit von Holzbearbeitungs-maschinen – Absauganlagen für Holzstaub und Späne – Sicherheit tscheinliche

Anforderungen und Leistungen, EN 14491:2012 Dust explosion venting protective systems, директива Directive 94/9/EC Atex 95 Equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres и ряд другого актуального в условиях импорта оборудования.

Национальной ассоциацией пожарной безопасности США разработаны нормативные документы, также имеющие отношение к САП в деревообработке, например NFPA 664 Standard for the prevention of fires and explosions in wood processing and woodworking facilities и ряд других.

Следует отметить более активную, чем у нас, разработку технических нормативных правовых актов в области эффективности и безопасности САП техническими комитетами ЕС, однако по многим причинам применение этих документов в нашей стране практически невозможно. Вместе с тем необходим учет характеристик импортируемого оборудования и наличие сертификата на соответствие директиве АТЕХ.

Был проведен анализ параметров основных видов деревообрабатывающего оборудования, связанных с аспирацией. Интенсивность поступления отходов в САП характеризуется непостоянством – от полного отсутствия (в определенные периоды времени) до максимальной, которая должна быть учтена при проектировании. Эти изменения могут быть вызваны переходом на другой вид выпускаемой продукции, необходимостью перепланировки производственных участков и установки нового оборудования. В условиях режима непостоянной работы режущих головок и изменения параметров материальных потоков в сети разветвленных воздухопроводов значительно усложняется поиск решений повышения эффективности и работоспособности САП.

ТКП устанавливает технические нормы проектирования САП низкого и среднего давления (до 10 кПа) и предназначен для применения в проектных организациях при разработке документации на новое строительство, реконструкцию предприятий или этих систем, а также при экспертизе разработанных проектов.

Требования ТКП должны учитываться при комплектной поставке изготовителем системы аспирации и пневмотранспорта измельченной древесины для определенного состава технологического оборудования.

Действие ТКП не распространяется на пневмотранспортные установки, которые выполняют только транспортные функции и не используются в технологических процессах (например, при разгрузке и загрузке транспортных средств), на системы пневмотранспорта, входящие в технологические линии комплексной поставки (например, производства плит), а также на контейнерные (капсульные) пневмотранспортные установки.

Требования введенного ТКП распространяются на проектирование и оборудование САП отечественных и зарубежных производителей. Рисунок иллюстрирует разрешенное безопасное, целесообразное и обоснованное в определенных условиях размещение вентиляторов и воздухоочистных установок на покрытии деревообрабатывающего цеха иностранного предприятия (ранее это исключалось).

ТКП включает разделы: нормативные ссылки; термины и определения; характеристики производств; свойства измельченной древесины; общие положения проектирования САП (состав проекта, исходные данные, рекомендуемые схемы компоновки); требования к элементам САП (аспирационные приемники, напольные отсосы, воздухопроводы, отводы, тройники и крестовины, коллекторы, элементы изменения сечения воздухопроводов и управления параметрами потока, уловители крупных и инородных частиц, лючки и др.); аэродинамический расчет САП; вентиляторные установки; установки для очистки отработавшего воздуха (фильтры, циклоны); размещение оборудования; обеспечение функциональной и энергетической эффективности, взрывной, пожарной и экологической безопасности САП (шум и вибрация; наладка оборудования).

Приложения ТКП содержат: характеристики пожаро- и взрывоопасности древесной пыли (минимальная температура воспламенения пыли и волокон; нижний концентрационный предел воспламенения измельченных древесных материалов; минимальную энергию воспламенения; плотность измельченной древесины в зависимости от условий хранения); поправочные коэффициенты характеристик пылевых вентиляторов; коэффициенты местного сопротивления подводящих, отводящих каналов вентиляторной установки и относительного снижения КПД пылевых вентиляторов; пример расчета; библиографию (ссылки на 34 отечественных и зарубежных источника информации).

Методика и порядок проектного расчета САП приведены в технической литературе, например [1, 3, 4], и кратко изложены в разработанном ТКП. В данной статье эта тема не рассматривается.

Одной из актуальных задач совершенствования САП является повышение их энергоэффективности. Потребная мощность электродвигателя привода вентилятора в отсутствие инвентора определяется расчетом по формуле:

$$N_{\text{пр}} = \frac{K_3(1 + \mu_m)Q_p H_p}{60 \cdot 10^3 \cdot \eta_v \eta_n},$$

где $N_{\text{пр}}$ – расчетная мощность привода вентилятора, кВт;

K_3 – коэффициент запаса мощности на пусковой момент;

$(1 + \mu_m)$ – коэффициент, учитывающий повышение мощности привода при прохождении транспортируемого материала через вентилятор;

Q_p – суммарный расчетный расход воздуха САП, м³/мин;

H_p – суммарные расчетные потери давления в САП (в цепи воздухопроводов и устройства очистки воздуха), Па;

η_v – КПД вентилятора;

η_n – КПД передачи (при наличии частотного регулирования не учитывается).

Серьезное внимание должно быть уделено минимизации расхода воздуха и потерь давления на всех элементах САП, включая воздухопроводы (например, ТКП устанавливает требования к ним и допускает при обосновании применение более дробной сетки диаметров). При обосновании может быть предусмотрено автоматическое регулирование систем и вентиляторов в режиме реального времени в функции работы технологического оборудования.

Проектирование и эксплуатация САП требуют надлежащей подготовки кадров [5]. К сожалению, оценка компетенций специалистов большинства предприятий и даже проектных организаций позволяет сделать выводы о дефиците грамотных инженеров и техников и необходимости активизации деятельности учебных заведений в решении этого вопроса. Как положительный факт можно отметить недавнее введение в отраслевых средних специальных учебных учреждениях РБ дисциплины «Системы аспирации и пневмотранспорта».

Применение ТКП должно способствовать повышению эффективности и безопасности проектируемых САП, улучшению контроля за состоянием существующих установок и разработке мероприятий по их модернизации. Введение технических норм актуализируется расширяющимся сотрудничеством Республики Беларусь с зарубежными странами, что подтвердили контакты с фирмами Австрии, Италии и Германии на выставке Ligna-2015. Практическое применение ТКП должно сопровождаться проведением дополнительных исследований, гармонизацией взаимодействующих нормативных документов и надлежащей подготовкой специалистов в области проектирования и эксплуатации САП.

Библиографический список

1. Воскресенский В.Е. Системы пневмотранспорта, пылеулавливания и вентиляции на деревообрабатывающих предприятиях. Теория и практика / В.Е. Воскресенский. – Т. 1: Аспирационные и транспортные пневмосистемы. – СПб.: Политехника, 2008. – 430 с.
2. Трофимов С.П. ТКП 510–2014. Системы пневмотранспорта и аспирации в деревообрабатывающем производстве, включая производство древесных топливных гранул (пеллет) и древесных брикетов. Нормы проектирования / С.П. Трофимов, П.И. Дячек. – Минск: Беллесбумпром, 2014 – 78 с.
3. Трофимов, С.П. Цеховые системы аспирации и пневмотранспорта измельченных древесных отходов / С.П. Трофимов. – Минск: БГТУ, 2010. – 193 с.
4. Трофимов С.П. Проектирование деревообрабатывающих предприятий: в 2-х ч. Ч. 2. Технологическая и общетехническая подготовка производства / С.П. Трофимов. – Минск: БГТУ, 2013. – 417 с.
5. Trofimov S. Aspiration and pneumatic conveying systems in woodworking production: norm of designing, solutions and engineering personnel / S. Trofimov // Proceedings of the 19th International conference. «Mechanika-2014», 24–25 April 2014. – Kaunas: KTU. – Pp. 274–276.

УДК 674.055: 539.23621

В.В. Чаевский, А.А. Гришкевич, В.В. Жилинский

(БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь),

В.В. Углов, А.К. Кулешов

(БГУ, г. Минск, Республика Беларусь), doctorv_v_ch@mail.ru

**УПРОЧНЕНИЕ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ФОРМИРОВАНИЕМ
КОМБИНИРОВАННЫХ ZrN-Ni-Co-ПОКРЫТИЙ**

**STRENGTHENING WOOD-CUTTING TOOLS BY FORMING
COMBINED ZrN-Ni-Co-COATINGS**

Подобраны режимы формирования электрохимических Ni-Co-, ионно-плазменных ZrN- и комбинированных ZrN-Ni-Co-покрытий на лезвиях стальных (марки Р6М5) ножей деревоорежущего фрезерного инструмента. Значение микротвердости ZrN-Ni-Co-покрытий в 1,2–1,5 раза превышает величину микротвердости Ni-Co-покрытия на стальной подложке и стали без покрытия. Основным видом износа стального лезвия ножа с Ni-Co- и ZrN-Ni-Co-покрытиями при резании ламинированных древесно-стружечных плит является абразивный износ. Объемный износ лезвия ножа с ZrN-Ni-Co-покрытием при резании ламинированных ДСтП в лабораторных условиях имел более чем в 3 раза меньшее значение, чем для лезвия с Ni-Co-покрытием. Проведенные опытно-промышленные испытания на ОАО «Минскдрев» модифицированных фрез с комбинированными ZrN-Ni-Co-покрытиями на лезвиях ножей показали увеличение периода стойкости фрез при резании сосны (штангик) до 30 % по сравнению с инструментом без покрытий.

Modes were selected and formed electroplated Ni-Co-coatings, ion-plasma ZrN-coatings as well as combined ZrN-Ni-Co-coating on the edges steel (type R6M5) knives of wood-cutting milling tools. Microhardness of combined ZrN-Ni-Co-coatings is to 1,2–1,5 times more than microhardness of steel base and bare steel. When cutting laminated