

РОЗДІЛ «БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ»

УДК 629.039.58

МАХОВСКИЙ В.А., к.т.н, доцент
КРЮКОВСКАЯ О.А., к.т.н, доцент

Днепродзержинский государственный технический университет

ВЗРЫВО-ПОЖАРООПАСНОСТЬ ЗЕРНОХРАНИЛИЩ

Введение. Современные зернохранилища – это крупные инженерные сооружения, имеющие большие емкости для хранения зерна. В зернохранилищах принимают, взвешивают, очищают, сушат, обеззараживают, подготавливают партии зерна на семена, для переработки и для экспорта, а также хранят зерно и по мере надобности отгружают его потребителям и в производство. Зернохранилища снабжены необходимыми машинами и оборудованием.

К зернохранилищам, независимо от их конструкции, предъявляют следующие требования: влагонепроницаемость, прочность и плотность стен, полов, крыши и обеспечение количественной сохранности зерна; наличие удобных и свободных подъездов к разгрузочным устройствам; возможность герметизации в случае применения химических мер борьбы с вредителями хлебных запасов; возможность свободного использования имеющихся средств механизации внутри хранилища и наблюдения за качеством хранящегося зерна.

Основными зернохранилищами являются склады и элеваторы, в которых все операции с зерновыми культурами (пшеница, ячмень, кукуруза, рожь, овес, подсолнечник) полностью механизированы и частично автоматизированы.

Склады бывают механизированные и немеханизированные. Зерновые элеваторы представляют собой наиболее серьезную опасность единичных взрывов пыли.

Здание элеватора представляет собой несколько шахт, снабженных оборудованием для подъема зерна, привезенного по железной дороге или автотранспортом. Зерно поступает в шахты с помощью ленточного конвейера; существует такая же конвейерная система для выгрузки зерна из шахты в целях последующей транспортировки по железной или автомобильной дороге. Будучи убранным в сыром виде, зерно способно в последующем легко образовывать пыль в результате трения, возникающего при его перемещении. Зерновая пыль (элеваторная), находящаяся в определенной концентрации в воздухе, является сильным взрывчатым веществом. При наличии открытого огня для взрыва достаточна концентрация пыли в пределах 18-40 г/м³ воздуха. Хранение сырого зерна может сопровождаться также образованием метана и водорода. Смесь данных газов с воздухом являются взрывоопасными и могут привести к человеческим жертвам и большому материальному ущербу.

Постановка задачи. Исследовать и количественно оценить опасности, которые могут возникнуть во время приема и хранения зерновых культур на зернохранилищах. В качестве объекта исследования выбран элеватор Дочернего Предприятия «Баловский Комбинат Хлебопродуктов» общим объемом 147 тыс. тонн зерна, который расположен в с. Партизанское Днепропетровской области.

Результаты работы. Опасности объекта обследования обусловлены наличием внутри технологического оборудования зерна кукурузы, пшеницы, ржи, ячменя, овса, подсолнечника и возможностью образования взрывоопасных пылевоздушных смесей как внутри оборудования, так и в производственных помещениях, а также созданием взрывоопасных концентраций газо-воздушной смеси при хранении зерна в силосах. При сушке зерна в сушилках существует вероятность создания взрывоопасных газо-воздушных смесей как в топках, так и в помещениях.

В элеваторе при всех процессах, связанных с перемещением и очисткой зерна, происходит отделение от поверхности зерна минеральных и органических частиц пыли. При этом часть пыли переходит во взвешенное состояние.

Выгрузка зерна из вагонов и автомобилей, перемещение зерновых масс норями и транспортерами, загрузка зерна в силосы, выпуск его из бункеров и весовых ковшей – все эти операции сопровождаются значительным выделением пыли.

Зерновые элеваторы представляют собой наиболее серьезную опасность единичных взрывов пыли, возникающей в результате трения при перемещении зерна.

Опасность взрыва облака пыли в зерновых элеваторах, силосных, зерновых башнях тем выше, чем меньше они загружены. Разрушительная сила взрывов пыли, происходящих в оборудовании или в помещении, достаточно велика, однако вторичные взрывы – гораздо опаснее. Хранение сырого зерна может сопровождаться также образованием метана и водорода. Смеси данных газов с воздухом являются взрывоопасными.

Взрыв пыли происходит при мгновенном соединении горючей части пыли с кислородом воздуха с выделением большого количества тепла и газообразных продуктов, которые, нагреваясь, расширяются и образуют взрывную волну. Процесс окисления кислородом протекает на поверхности твердых частиц пыли. В зависимости от структуры и свойств исходного вещества и условий образования пыли ее частицы могут иметь различную форму, быть гладкими, шероховатыми, иметь различные размеры, что обуславливает воспламеняемость и взрываемость пыли [1].

Скорость образования взрывоопасной смеси возрастает по мере увеличения поверхности контакта воздуха и твердых частиц пыли, поэтому опасность взрыва зависит от размера частиц пыли и содержания кислорода в системе. Мелкодисперсная пыль с сильно развитой поверхностью характеризуется большей активностью, более низкой температурой самовоспламенения и широким интервалом между нижним и верхним концентрационными пределами взрываемости.

При низких концентрациях пыли расстояние между частицами, находящимися во взвешенном состоянии, велико, переноса пламени от частицы к частице не происходит, следовательно, взрыв не распространяется на весь объем. Чрезмерно большое количество пыли также препятствует возникновению и распространению взрывов, так как в этом случае в смеси содержится слишком мало кислорода для сгорания пыли.

Большая поверхность частиц обуславливает также высокую степень адсорбции газов на их поверхности. Вследствие более высокой температуры кипения кислорода, по сравнению с азотом, воздух, окружающий твердые частицы пыли, уплотняется и обогащается кислородом, при этом его химическая активность, а, следовательно, и взрывоопасность возрастают. Пыль, осевшая на поверхности твердых предметов, имеет более низкую температуру самовоспламенения, так как концентрация частиц в ней возрастает, и улучшаются условия аккумуляции тепла.

Взрывоопасные аэродисперсные системы могут возникать спонтанно, например, при встряхивании отложений пыли. Они имеют весьма широкие концентрационные пределы воспламенения: от десятков граммов до килограммов на кубометр воздуха. В замкнутом объеме технологического аппарата начавшееся горение и распространение пламени в аэрозвеси приводит к быстро нарастающему повышению давления, что может привести к разрыву аппарата, а затем к взрыву в окружающих помещениях. Поэтому проблема предотвращения и подавления взрывов пылевоздушных смесей в технологическом оборудовании и производственных зданиях является весьма актуальной.

Уровень опасности взрыва пыли, так же как и парогазовых смесей, характеризуется концентрационными пределами воспламенения, объемной плотностью энерговыделения, максимальным давлением, возникающим при воспламенении, скоростью распространения пламени и нарастания давления при взрыве, максимально допустимым содержанием кислорода в смеси пыли с воздухом, при котором пыль не воспламенится.

Взвеси пылей характеризуются весьма широким интервалом концентрационных пределов распространения пламени. Верхние концентрационные пределы распространения пламени (ВКПР) пыли обычно достаточно велики, и достичь их в производственных помещениях даже при аварийных ситуациях практически невозможно. Поэтому наиболее важен нижний предел, а также более высокие концентрации, при которых достигается максимальная объемная плотность энерговыделения.

Воспламенение смеси пыли с воздухом является одним из важных свойств горючих пылей; она определяет способность их распространять пламя по всему объему взвешенной пыли в воздухе при определенной минимальной концентрации этой пыли. Под давлением, возникающим при самовоспламенении смеси пыли с воздухом, в воздух поднимается столько пыли, осевшей вблизи места воспламенения, что взрыв может распространиться далеко за пределы очага возникновения вспышки.

При рассмотрении взрывов пыли разнообразных продуктов было установлено, что наибольшие разрушения происходили в зданиях старой постройки. Большинство из этих помещений не имели необходимых площадей легкобрасываемых конструкций, а в ряде случаев оконные проемы, которые могли в некоторой мере компенсировать легкобрасываемые взрывные покрытия, были заделаны прочными стенными материалами.

Чтобы предотвратить разрушение зданий от взрыва пылевоздушных смесей, следует предусматривать легкобрасываемые площади зданий, обеспечивающие необходимый выброс продуктов взрыва пыли, и избегать создания подпольных каналов и помещений, в которых возможно скопление взрывоопасной пыли, а также предусматривать системы вентиляции и принимать меры по предупреждению скопления в них пылевоздушных смесей и образования источников инициирования взрыва.

Взрывы пыли могут происходить при двух обязательных условиях: достаточный объем взвешенной или осевшей пылевоздушной смеси и источник воспламенения достаточной мощности. Анализ показывает, что взрывам в объеме помещений предшествуют локальные хлопки в оборудовании и воспламенение на отдельных участках здания, что вызывает встряхивание пыли, осевшей на полу, стенах и других строительных конструкциях и оборудовании. Это приводит к образованию взрывоопасных концентраций пыли в объеме помещения, взрыв которой вызывает сильные разрушения. Поэтому нельзя допускать скопления пыли; причем осевшая пыль представляет собой не меньшую опасность, так как может быстро перейти во взвешенное состояние.

Опасность воспламенения и взрыва пыли обуславливается сочетанием двух факторов: наличием взвешенной или осевшей пыли и достаточно мощным источником воспламенения. Поэтому взрываемость пыли в значительной мере определяется характером и силой источника зажигания, с которым она соприкасается.

Анализ происшедших воспламенений и взрывов пылей на предприятиях пищевой промышленности показал, что следует обращать внимание на следующие источники воспламенения: открытое пламя; искры; нагретые и раскаленные предметы; нагретые поверхности; горячие пространства; теплоту трения; самовоспламенение; химические реакции; собирательное действие тепловых лучей; теплоту сжигания.

В каждом конкретном случае следует принимать меры по предотвращению воздействия источника энергии на воспламенение пыли.

Анализ аварий за последние 10 лет показал, что наибольшее количество взрывов (28%) приходится на агрегаты, в которых производятся размол и перемешивание измельченных продуктов; значительное количество аварий (22%) связано со взрывами в сушильных установках, в которых для сушки продуктов применяют нагрев; 25% взрывов приходится на агрегаты, в которых всегда имеется пылевоздушная смесь. Остальное количество взрывов приходится на электрофильтры, пылепроводы, а также локальные объемы отдельных помещений. Источниками зажигания пыли были искры удара и

трения, нагретые поверхности оборудования, открытое пламя, самовозгорание, искры статического электричества и замыкания (размыкания) электрических цепей.

Наибольшее количество взрывов происходит от тепловых источников механического происхождения (57%). Электрическое оборудование было причиной взрывов в 4,4% случаев, а статическое электричество – в 2%. Значительное количество взрывов происходит по неустановленным причинам.

Причины создания аварийных ситуаций могут быть различны: механические повреждения, обусловленные износом или усталостью материала; повышенная вибрация оборудования; отказ в работе аспирационной системы; неполадки в работе автоматики безопасности (для сушилки); выход параметров за критические значения (для сушилки); ошибки ремонтного и обслуживающего персонала; действие внешних факторов, природных сил; действие опасных факторов аварий смежных производств.

К аварийным ситуациям в зерносушилках относятся перегрев и загорание зерна.

Пожарная опасность зерносушилок характеризуется горючестью зерна и его большими количествами, наличием сгораемых конструктивных элементов, природного газа, подачей нагретого теплоносителя в массу зерна, а также путями распространения пожара. Пожарная опасность зависит от вида зерна, подаваемого на сушку (овес, просо, ячмень имеют легкогорючую оболочку и воспламеняются легче и чаще других зерен), наличия в нем сорных примесей, которые загораются легче зерна из-за того, что они имеют развитую поверхность. Зерновая пыль, выделяющаяся из зерна, кроме того оседает на конструкциях помещений, элементах оборудования, что значительно повышает пожарную опасность зерносушилок.

Зерносушилки связаны со сжиганием природного газа, выделением искр и нагретых продуктов горения. Причинами пожаров в сушилках являются: попадание искр в высушиваемое зерно, подача в сушильные камеры перегретого теплоносителя, нарушение или прекращение подачи зерна в шахту сушилки, уменьшение скорости или остановка движения зерна, а также неправильный пуск сушилки. Наличие отложений пыли в сушильных камерах и их длительный нагрев приводят к самовозгоранию пыли.

При выходе технологических параметров за критические значения, разгерметизации газопровода, при неполадках средств безопасности создается нестабильное горение в топке, которое может вызвать погасание пламени. Погасание пламени также возможно при ошибках обслуживающего персонала. Создается взрывоопасная концентрация газа.

В табл.1 приведены экспериментальные данные о содержании пыли в помещениях элеватора при неработающих вентиляционных установках.

Таблица 1 – Содержание пыли в воздухе помещений элеватора при неработающих вентиляционных установках

Место определения запыленности	Содержание пыли, мг/м ³
Помещение головок норий	85
Помещение для весов	250
Надсилосное помещение в зоне расположения насыпных лотков транспортеров	100
Надсилосное помещение в зоне сбрасывающей тележки	340
Подвальный этаж рабочей башни	320
Подсилосное помещение	145
Галерея под железнодорожными приемными ларями	225
То же, у отверстия насыпного лотка	1800

Анализ опасностей на потенциально опасных блоках (узле загрузки зерна, рабочей башне элеватора, силосном отделении, сушилке зерна) представлен количественной оценкой возможных последствий предполагаемых аварий, которая выполнена по стандартной методике, изложенной в „Общих правилах взрывобезопасности” [2].

Результаты количественной оценки возможных последствий прогнозируемых аварий в результате взрыва зерновой пыли, пылевоздушной и газо-воздушной смеси приведены в табл.2-4.

Таблица 2 – Результаты расчета показателей взрывоопасности зерновой пыли в узле разгрузки зерна

Наименование параметра, обозначение	Ед. изм.	Взрыв в бункере автопрокидывателя емкостью 43 м ³	Взрыв в помещении под приемными бункерами автопрокидывателей
Энергетический потенциал взрывоопасности, E	кДж	24013	257329
Относительный энергетический потенциал взрывоопасности, Q _в	–	1,74	3,85
Общая приведенная масса пыли, m	кг	0,52	5,59
Тротильный эквивалент взрыва, W _т	кг	0,21	2,30
R ₁	м	0,09	0,45
R ₂	м	0,14	0,66
R ₃	м	0,23	1,14
R ₄	м	0,68	3,32
R ₅	м	1,20	5,81

R₁ – радиус зоны полного разрушения зданий и смертельной опасности для людей, на границе которой избыточное давление по фронту ударной волны $\Delta P \geq 100$ кПа;

R₂ – радиус зоны сильных разрушений строительных конструкций, обрушения кирпичных стен и смертельной опасности для людей $\Delta P = 70$ кПа;

R₃ – радиус зоны слабых разрушений строительных конструкций, для восстановления которых требуется их частичная разборка, и смертельной опасности для людей на открытой местности $\Delta P = 28$ кПа;

R₄ – радиус зоны слабых разрушений (разрушение оконных проемов, легкосбрасываемых покрытий) и тяжелого травмирования людей на открытой местности $\Delta P = 14$ кПа;

R₅ – радиус зоны частичного разрушения остекления, нижний порог поражения людей на открытой местности, $\Delta P = 5$ кПа.

Выводы. При работе зернохранилищ к аварийным ситуациям и авариям могут привести: нарушение герметичности основного оборудования; отказ в работе аспирационных установок; нарушения норм технологического режима; действие внешних факторов, природных сил; ошибки ремонтного и обслуживающего персонала; нарушения правил противопожарной безопасности; повышенная вибрация оборудования; отказ в работе автоматики безопасности. При этом образуются выбросы пыли или газа как внутри оборудования, так и в помещениях с созданием взрывоопасных concentra-

ций, которые при наличии источника взрыва могут привести к взрыву и пожару, что вызывает разрушение оборудования, строительных конструкций и приводит к травмированию людей.

Сила и интенсивность взрыва зависят от многих факторов и достигают максимальных значений при соответствующем соотношении горючей массы и кислорода. Химическая активность зерновой пыли повышается, когда она находится во взвешенном состоянии, поэтому аэрозоль горит с большой скоростью, и иногда такое горение заканчивается взрывом. Воспламенению и взрыву подвержена только органическая часть пыли, а минеральная является лишь инертной составляющей.

Горение воспламеняющихся аэрозолей начинается и протекает медленней, чем горение горючих газовых смесей. Однако количество материала, приходящееся на единицу объема, в аэрозолях больше. И поэтому при их горении развивается значительное количество теплоты, образуется большой объем продуктов горения и большее взрывное давление, которое распространяется с большой скоростью. Взрыв пыли – это быстрое и самораспространяющееся сгорание, при этом взрывная волна разрушает конструкции зданий.

Основным направлением предупреждения взрывов пыли должна быть максимальная герметизация технологических систем и оборудования, а также систематическая и эффективная уборка помещений, исключающие накопление пыли до опасных пределов. Также необходимо избежать накопления облака пыли, быстрые превращения которого могут привести к возникновению вторичных взрывов.

Реальное применение такой стратегии осложнено в случаях с зерновыми элеваторами, силосными, зерновыми и прочими башнями, опасность взрыва в которых тем больше, чем меньше они загружены, поскольку масштаб разрушения от взрыва зависит от степени заполнения объема. Уменьшение объема обеспечивается разделением всего объема на отдельные части, что реализуется, например, в зернохранилищах с большим количеством силосных башен путем изолирования каждой отдельной башни.

Наличие аспирационной установки, обеспечивающей нормальные санитарные условия для работы, выполнение технологического процесса по отбору примесей, имеющих отличную от зерна сопротивляемость потоку воздуха, предупреждает возможность пожаров и пылевых взрывов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бесчастнов М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение / Бесчастнов М.В. – М.: Химия, 1991. – 432с.
2. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств: НПА ОП 0.00-1.41-88 (НАОП 1.3.00-1.01-88, ОПВ 88). – М.: Металлургия, 1988. – 60с.
3. Краткая химическая энциклопедия. Т.5. / гл. ред. Кнунянц И.Л. – М.: Советская энциклопедия, 1967. – 233с.
4. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник в 2 книгах / [А.Н.Баратов, А.Я.Корольченко, Г.Н.Кравчук и др]. – М., Химия, 1990. – 496с.

Поступила в редколлегию 14.12.2015.

Дніпродзержинський державний технічний університет

АНАЛІЗ УМОВ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗНАПІРНОГО ТРАНСПОРТУВАННЯ ДЛЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ МАТЕРІАЛІВ, ЩО УТВОРЮЮТЬ ПИЛ

Вступ. Одним із джерел запиленості на робочих місцях є відкрите транспортування сипких матеріалів (піску, цементу та інших пилоподібних матеріалів) за допомогою транспортерів та конвеєрів, а також різних перевантажувальних пристроїв та жолобів. Від застосовуваного раніше закритого безнапірного засобу внаслідок появи частих пробок при транспортуванні матеріалів виробництво відмовилося. Це відбулося внаслідок того, що до теперішнього часу використання безнапірного транспортування сипких матеріалів залишається до кінця не дослідженим.

Узагальнення і аналіз робіт [1, 2], які стосуються досліджень впливу параметрів траси переміщення сипких матеріалів на транспортуючу здатність, показують, що транспортування останніх по жолобах, каналах або транспортерах незалежно від виду транспорту, який використовується, супроводжується запиленістю повітря, що набагато перевищує вимоги санітарних норм.

Вібраційний транспорт широко застосовується в різних галузях народного господарства (будівництво, металургія, гірництво). Цей вид транспорту супроводжується підвищеним шумом (до 105 дБА) та вібраціями, вимагає великих витрат, а конструкції його транспортних ліній складні та недовговічні.

Переміщення сипких матеріалів за допомогою пневмотранспорту потребує наявності потужних компресорів, а на виході – обов'язкового очищення повітря за допомогою циклонів, пилоосаджувальних камер або різних видів фільтрів, що також є енергоємним та потребує великих витрат.

Найбільш надійними, простими у виготовленні та не потребуючими великих витрат є безнапірні гідравлічний та гравітаційний види транспорту для переміщення матеріалів в сухому стані. При виборі оптимальних значень кутів нахилу жолоба, швидкостей потоку, параметрів трас та інших факторів можливе зниження запиленості на робочих місцях при транспортуванні сипких матеріалів за їх допомогою [3].

В роботі [1] відмічається, що безнапірний гідравлічний транспорт має недоліки, які полягають у тому, що при незамкнутій системі необхідне очищення транспортуючої рідини (води). Але даний недолік можна виключити, якщо зробити систему замкнутою. В цьому випадку транспортуюча рідина буде використовуватися багатократно. Відокремлення твердих часток від рідини також ускладнює використання даного виду транспорту, однак в теперішній час розроблено ефективні грохоти, а також відстійники з механічним розвантаженням сипкого матеріалу. Тому і цей недолік майже не стримує розвиток безнапірного гідравлічного транспорту.

Постановка задачі. Метою роботи є аналіз відомих теоретичних та експериментальних досліджень можливості використання безнапірних гідравлічного та гравітаційного транспортів для переміщення сипких матеріалів, а також методів розрахунку основних їх параметрів.

Результати роботи. В ході аналізу експериментальних досліджень зміни транспортуючої здатності потоку Q_T від кута нахилу траси жолоба α (або i), наведених в [3, 4], побудовано при незмінних інших параметрах залежність $Q_T = f(\alpha)$, зображену на рис. 1.

Умовно дану криву можна розділити на чотири області, кожна з яких характеризується своїми закономірностями.

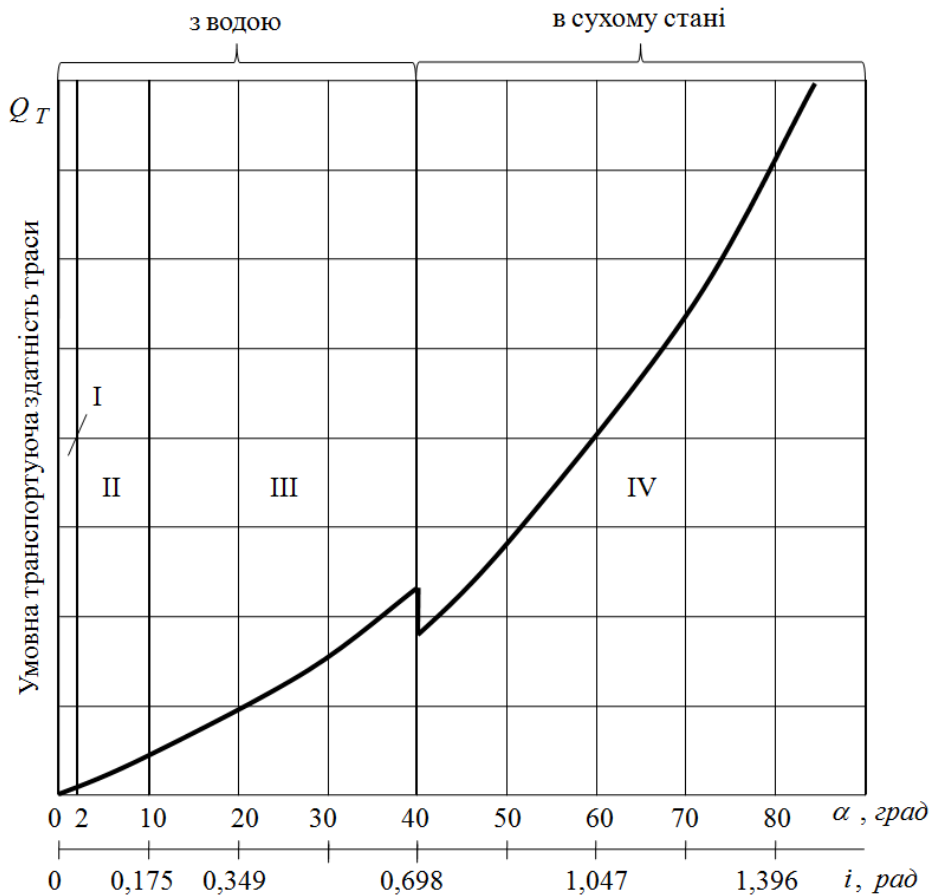


Рисунок 1 – Експериментальна залежність транспортуючої здатності потоку Q_T від кута нахилу траси жолоба α (або i)

Перша область з граничними кутами нахилу жолоба $0^\circ < \alpha \leq 2^\circ$ характеризується відсутністю будь-яких переміщень під дією сил гравітації, тобто гідравлічний транспорт або неможливий, або економічно недоцільний.

В області II з кутами нахилу $2^\circ < \alpha \leq 10^\circ$ має місце початок транспортування сипких матеріалів за рахунок безнапірного гідравлічного транспорту.

В третій області ($10^\circ < \alpha \leq 40^\circ$) проявляються ознаки гідравлічного транспорту, але транспортування можливе лише при наявності транспортуючої рідини в міжчасткових порах.

На промислових підприємствах в процесі уловлювання пилу утворюється суміш води та дрібних твердих часток, яка, як правило, видаляється за межі цехів по жолобах, що мають відносно великий кут нахилу до горизонту. При цьому вихідне співвідношення твердої та рідкої фаз пульпи є великим, їх відносне переміщення відсутнє, а рух всього потоку в цілому прискорений. Рідина, що знаходиться всередині просторової решітки з твердих часток, переміщується з тією ж швидкістю, тобто прискорено. В переміщенні часток перестає грати роль сила гідродинамічного тиску. Єдиною причиною, що визиває рух, є сила тяжіння, тобто переміщення пульпи аналогічно гравітаційному транспортуванню сухого сипкого матеріалу, а рідина виконує функцію змащення, що зменшує тертя між частками та об тверді границі потоку, де має місце також дія сили Архімеда. У порівнянні з потоком сухого сипкого матеріалу цей потік більш рухомий, оскільки при своєму русі він має менший опір.

Таким чином, даному переміщенню в тій чи іншій мірі властиві характерні особливості як гідравлічного, так і гравітаційного видів транспорту. Переміщення сипких

матеріалів в суміші із водою по жолобах, які нахилені під великими кутами до горизонту, часто відносять до гідравлічного транспорту.

Четверта область ($40^\circ < \alpha < 90^\circ$) відрізняється від інших можливістю використання гравітаційного самопливного транспорту сипких матеріалів по жолобах або каналах. Для деяких сипких матеріалів ця зона починається і при значно менших кутах.

Як правило, при проектуванні безнапірних гідравлічного та гравітаційного транспортів відома лише величина нахилу траси, а інші параметри, наприклад, обрис перетину жолобів, місця розташування гасителів швидкості для різних видів сипких матеріалів до теперішнього часу обираються інтуїтивно, без будь-яких наукових обґрунтувань.

Відмітимо, що залежність $Q_T = f(\alpha)$ на границях III та IV областей (рис.1) характеризується стрибком, який пояснюється тим, що різні сипкі матеріали мають свою величину коефіцієнта тертя по твердих границях, відносно яких відбувається їх переміщення. Вказаний стрибок може бути пояснений також відсутністю транспортуючої рідини, що призводить до різкого зменшення транспортуючої здатності сипкого матеріалу, що переміщується.

Таким чином, використання безнапірних гідравлічного та гравітаційного транспортів можливе лише за великих кутів нахилу траси жолоба, більших $\alpha = 10^\circ$ (або $i = 0,175$ рад).

Результати теоретичних та експериментальних досліджень переміщення матеріалів за допомогою безнапірного гідравлічного транспорту розглядалися в багатьох роботах, наприклад, Джолієна і Смарта, Б.Є.Фрідмана, В.С.Мучніка, В.В.Івакіна, В.С.Кнорова, В.В.Трайніса та ін.

М.А.Веліканов та В.М.Маккавєєв запропонували гравітаційну та дифузійну теорії руху сипких матеріалів [3].

В теоретичних викладках М.А.Веліканова не враховані деякі показники, що не дозволяють в повній мірі використовувати їх на практиці:

- зміна швидкості потоку в залежності від зміни живого перетину траси;
- зміна коефіцієнта Шезі в залежності від гідравлічного радіуса;
- величина Архімедової сили, що діє на тверді частинки в залежності від швидкості потоку;
- площа контакту рідкої та твердої фаз в потоці.

В.М.Маккавєєв використовував принцип зважування та переносу твердих часток потоком атмосферного повітря стосовно до квіткового пилку та насіння рослин. Він склав рівняння для розподілу концентрації часток по перетину потоку, в яке входили наступні параметри: насичення потоку твердими частками поблизу дна, глибина потоку, питома вага пульпи, координати точок, що розглядаються, та коефіцієнт турбулентної в'язкості.

Аналіз даної теорії показав, що, якщо для квіткового пилку та насіння, які переносяться повітрям, дифузійна теорія має задовільну збіжність з експериментами, то для умов гідравлічного транспорту, особливо транспортування матеріалів з великими кусками та матеріалів, що мають більшу, ніж вода, щільність, вона не може використовуватися.

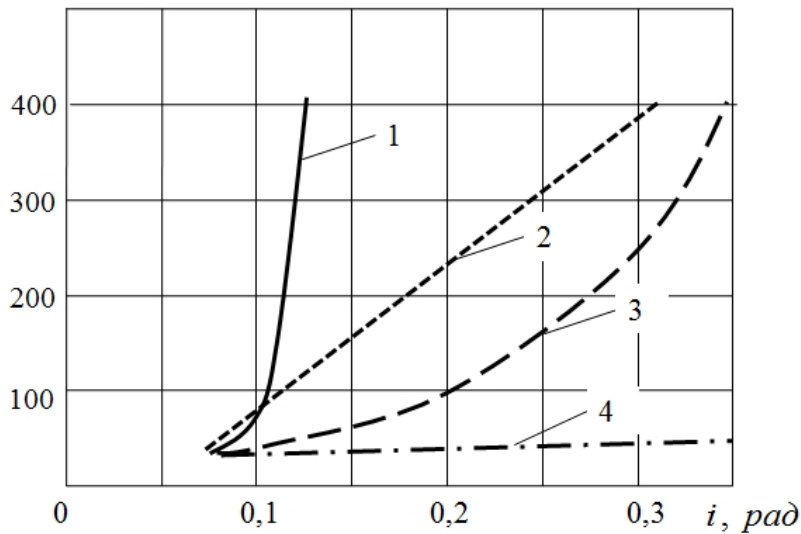
Результати найбільш фундаментальних досліджень впливу нахилу жолоба в межах $0,08 < i < 0,135$ на транспортуючу здатність потоку отримані в роботах С.С.Шавловського, Г.А.Карпова [3], О.І.Купріна [5, 6] та ін.

На основі їх теоретичних розробок побудовано графіки залежності транспортуючої здатності потоку Q_T від величини нахилу жолоба i (рис.2).

Отже, як випливає з наведених графіків, результати досліджень вищевказаних авторів мають значний розкид, а застосування їх методик, особливо при великих значеннях нахилу i , не рекомендується.

Аналіз результатів С.С.Шавловського показує сильно виражену залежність у вигляді кубічної параболи (рис.2, крива 1) транспортуючої здатності від нахилу жолоба: навіть при незначному прирості параметра i величина Q_T різко збільшується, що суперечить дослідам.

$Q_T, \text{ м}^3 / \text{год}$



1 – методика С.С.Шавловського [3]; 2 – методика Г.А.Карпова [3] та ін; 3– методика О.І.Купріна [5]; 4 – методика, наведена в [6]

Рисунок 2 – Графіки залежності транспортуючої здатності потоку Q_T від величини нахилу жолоба i (ширина жолоба по низу – 400 мм; витрата води – $230 \text{ м}^3/\text{год}$; питома вага піщаника – $2,55 \text{ т}/\text{м}^3$)

неєва (рис.2, крива 2), займає середнє положення, виражається прямо пропорційним законом та аналогічна експериментальному графіку рис.1. Запропонована ними методика визначення параметрів безнапірного гідравлічного транспорту може бути використана для транспортування кускового матеріалу за умови, якщо його розміри порівнянні з глибиною потоку і тільки при повному зануренні часток в рідину, тобто при максимальному використанні Архімедової сили.

Останній графік, побудований за методом [6] (рис.2, крива 4), виражається прямолінійним законом $Q_T = f(i)$, не враховує вплив коефіцієнта тертя на транспортуючу здатність потоку, а, отже, не враховує властивості транспортуючого матеріалу, тому не рекомендується для використання.

Висновки. Отже, проведений аналіз показує:

- використання безнапірних гідравлічного та гравітаційного транспортів для переміщення сипких матеріалів знижує запиленість на робочих місцях за умов оптимального вибору параметрів транспортування;
- існування цих видів транспорту можливе за великих значень кутів нахилу жолоба α (або i);
- теорія переміщення сипких матеріалів в потоці рідини до теперішнього часу відсутня;
- відомі теорії (гравітаційна та дифузійна) не дозволяють проводити інженерні розрахунки параметрів безнапірних гідравлічного та гравітаційного транспортів;
- відомі інженерні методи розрахунку можуть бути використані лише в кожному окремому випадку (певний нахил, форма та матеріал жолоба, швидкість переміщення потоку, розміри сипкого матеріалу та інші) або зовсім не придатні для використання;
- вибір характеристик траси, умов транспортування, місць розташування гасителів швидкості та інших параметрів не мають наукового обґрунтування.

Графік залежності Q_T від i за даними О.І.Купріна (рис.2, крива 3) також виражається параболічним законом, однак гілка параболи виглядає більш монотонно. Як показують розрахунки, вплив нахилу жолоба на транспортуючу здатність потоку є незначним. Даний метод придатний для певного інтервалу i та не може взагалі бути використаним для визначення параметрів гідравлічного транспорту.

Крива, побудована за даними Г.А.Карпова та колективу Всеросійського науково-дослідного інституту гідротехніки (ВНДІГ) ім. Б.Є.Веденєва

Таким чином, питання подальших досліджень та розробки методів розрахунку параметрів безнапірних гідравлічного та гравітаційного транспортів для переміщення сипких матеріалів з метою зниження запиленості на робочих місцях підприємств є актуальними і потребують вирішення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Куприн А.И. Гидротранспорт стружки / А.И.Куприн, А.М.Тихонцов. – М.: Машиностроение, 1978. – 80с.
2. Огурцов А.П. Исследование параметров транспорта сыпучих материалов в открытом потоке жидкости / А.П.Огурцов, Л.М.Мамаев, А.И.Куприн. – К.: ИСИ МО, 1995. – 505с.
3. Гасило Ю.А. Разработка комплекса мероприятий и средств для создания комфортных условий труда на рабочих местах с повышенным выделением пыли: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.01 / Гасило Юрий Анатольевич. – Днепропетровск, 1998. – 224с.
4. Гасило Ю.А. Исследование закономерностей перемещения сыпучих материалов по желобам, уложенным с различными уклонами / Ю.А.Гасило // Придніпровський науковий вісник. – 1997. – №44 (45). – С.38-43.
5. Куприн А.И. Зависимость удельной транспортирующей способности от удельной энергии живого сечения потока пульпы / А.И.Куприн // Изв. ВУЗов. Горный журнал. – 1987. – №8. – С.57-61.
6. Куприн А.И. Исследование параметров транспортирующего потока пульпы / А.И.Куприн // Изв. ВУЗов Горный журнал. – 1989. – №3. – С.24-29.

Надійшла до редколегії 18.01.2016.

УДК 331.46

ЛЕВЧУК К.О., к.е.н., доцент
КОПИЛ О.В., студентка

Дніпродзержинський державний технічний університет

ВИРОБНИЧИЙ ТРАВМАТИЗМ В УКРАЇНІ: ПРИЧИНИ ТА ШЛЯХИ ЗАПОБІГАННЯ

Вступ. Рівні виробничого травматизму і професійної захворюваності є основними показниками стану охорони праці в тій чи іншій сфері економічної діяльності, регіоні і в цілому в державі. Нинішній його стан в державі профспілки оцінюють як критичний. Не дивлячись на щорічну оптимістичну динаміку зниження кількості нещасних випадків, пов'язаних з виробництвом, за даними Держгірпромнагляду рівень травматизму на виробництві в Україні залишається високим, тому необхідним є дослідження причин виробничого травматизму в Україні та прийняття заходів щодо попередження випадків травматизму на підприємствах держави.

Постановка задачі. Сьогодні виробничий травматизм виступає однією з основних проблем, з якою стикаються підприємства, тому необхідним є виявлення основних причин травматизму та дослідження динаміки травматизму за галузевою ознакою та по регіонах України. Для вироблення оптимального рішення проблеми профілактики виробничого травматизму необхідне розуміння природи нещасних випадків на виробництві. Однак розуміння проблем без розуміння їх причин не може дати повного уявлення про проблеми травматизму на виробництві.

Результати роботи. Проблема виробничого травматизму неодноразово висвітлювалася в наукових працях таких вітчизняних та зарубіжних вчених, як В.В.Жернакова, П.І.Жигалкіна, П.А.Бущенко, І.А.Встухової, В.Б.Авер'янова, О.М.Бандурки, Ю.П.Битяка, І.П.Голосніченка, В.К.Колпакова, А.Т.Комзюка, В.М.Ярошевської, М.І.Іншина, М.О.Халімоського та інших.

Незважаючи на науково-технічний прогрес та появу більш сучасних та безпечних технологій, в Україні і досі залишається багато галузей, де травматизм являє собою значну проблему, крім того, статистичні дані сильно відрізняються від регіону до регіону за рівнем даного показника. І досі не існує єдиної системи профілактичних дій щодо зменшення травматизму на підприємствах України.

Виробничий травматизм викликається недотриманням вимог безпеки праці. Залежно від характеру впливу розрізняють травми декількох видів, основними з яких є :

- механічні (до них можна віднести різні удари та переломи);
- термічні (опіки, обмороження);
- хімічні (до даного типу відносять отруєння та опіки);
- електричні (зупинка дихання, фібриляція серця, опіки);
- психічні (переляк, шок).

За обставинами виникнення і за своїм характером нещасні випадки, в результаті яких постраждалі отримали травму, діляться на пов'язані з виробництвом, пов'язані з роботою та побутові. Основні причини виробничого травматизму зображено на рис.1.

Отже серед багатьох факторів, які зумовлюють високі показники виробничого травматизму в Україні, можна виділити основні:

1– незадовільні умови праці, що не відповідають санітарно-гігієнічним вимогам (особливо складна ситуація з умовами праці спостерігається на підприємствах приватної форми власності, малого і середнього бізнесу та індивідуальної зайнятості, більшість з яких не охоплені державним статистичним спостереженням щодо умов праці);

2– надзвичайно великі обсяги тіньової зайнятості. На даному етапі в Україні близько 4,8 млн. працівників працюють без офіційного оформлення. Небезпечність даного сектора працівників полягає в тому, що він не охоплений ні державним наглядом у сфері праці та охорони праці, ні відповідним державним статистичним спостереженням. В даному секторі відбувається масове приховування нещасних випадків на виробництві, в результаті чого Україна має чи не найгірше у світі співвідношення кількості загиблих на виробництві до загальної кількості потерпілих від нещасних випадків на виробництві, даний показник за останні роки в середньому склав 1 до 10, в той же час коли в країнах Євросоюзу цей показник коливається в межах 1 до 150 – 1 до 1000. Працівники, які є офіційно не оформленими на підприємстві, не можуть бути захищені системою охорони праці, не отримують належного відшкодування заподіяної шкоди в результаті значених випадків, в результаті чого дійсний стан виробничого травматизму не знає ніхто, але можна стверджувати, що він відрізняється від даних статистики і є на порядок вищим від офіційних цифр;

3– наявність значних недоліків у:

- визначенні та виконанні державної політики з охорони праці;
- формуванні державної системи управління охороною праці як в окремих галузях економіки, так і в адміністративно-територіальних одиницях України;
- запровадженні економічних методів стимулювання роботодавців щодо попередження настання нещасних випадків на виробництві;
- виконанні центральними органами виконавчої влади і роботодавцями вимог законодавства з охорони праці та фінансуванні заходів і засобів з охорони праці.

На сьогоднішній день проблема виробничого травматизму в Україні є дуже гострою. За даними державного Комітету з промислової безпеки щорічно травмується

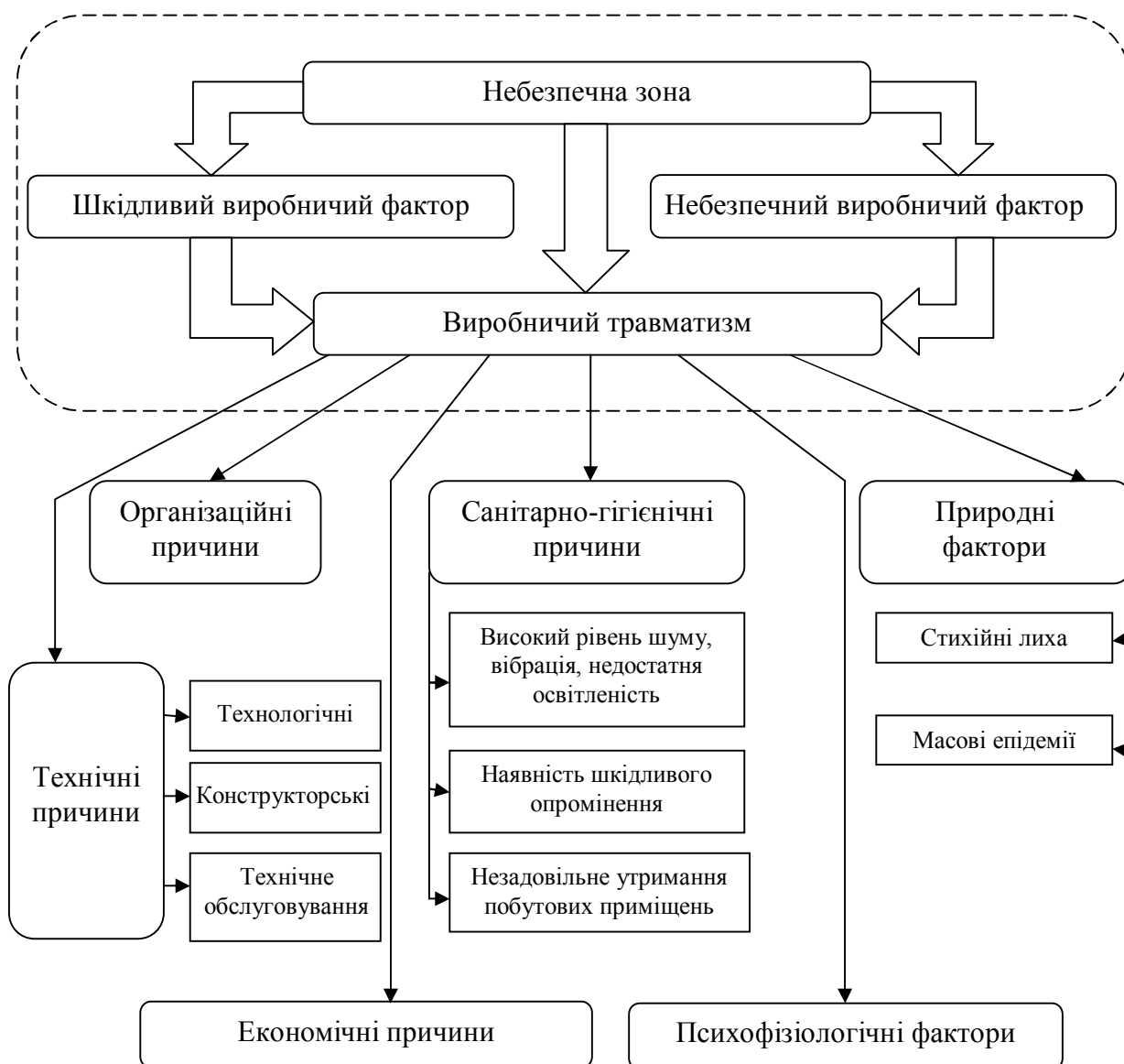


Рисунок 1 – Основні причини виробничого травматизму
(розроблено авторами за даними [1-3])

близько п'яти тисяч чоловік, з них півтори тисячі гинуть, тобто кожні п'ять годин в Україні травмується одна людина. За даними показниками наша держава посідає одне з перших місць в Європі.

Згідно з даними Держгірпромнагляду у 2014 році кількість нещасних випадків на підприємствах України склала 6318. До п'ятірки найбільш травмонезбезпечних галузей економіки України ввійшли вугільна, машинобудівна промисловості, агропромисловий комплекс, соціально-культурна сфера і транспорт (табл.1.)

Як видно з табл.1, незважаючи на те, що кількість травм зменшується, загальний рівень травматизму залишається на високому рівні. Щодо найнебезпечніших галузей економіки, які виділено в табл.1, то питома вага травмованих працівників на підприємствах цих галузей складає 69% від усієї кількості травмованих на підприємствах в Україні. Найбільше в 2014 році було травмовано на підприємствах вугільної галузі, що склало 32% від загальної кількості працівників, травмованих внаслідок нещасного випадку, пов'язаного із виробництвом.

Таблиця 1 – Стан виробничого травматизму за 2011-2014 роки по галузях економіки України (розроблено авторами за даними [4])

Галузь нагляду	2011 рік		2012 рік		2013 рік		2014 рік	
	Всього	В т.ч. смерт.	Всього	В т.ч. смерт.	Всього	В т.ч. смерт.	Всього	В т.ч. смерт.
Вугільна	4255	161	3650	121	3147	100	2034	99
Гірничорудна та нерудна	276	16	303	22	286	22	220	12
Нафтогазовидобувна та геологорозвідка	31	2	30	3	25	0	19	2
Енергетика	157	21	154	23	171	20	135	26
Будівництво	493	77	446	58	346	58	263	48
Котлонагляд, підйомні споруди	37	11	35	11	34	8	20	6
Машинобудування	969	27	881	27	688	29	507	23
Металургійна	520	21	508	31	427	21	340	25
Хімічна	219	14	231	8	198	19	132	15
Транспорт	580	80	566	74	496	70	423	71
Зв'язок	92	3	67	2	90	5	74	8
Газова промисловість	67	5	58	9	51	4	51	8
Житлокомунгосп	279	22	250	31	248	27	171	9
Агропромисловий комплекс	1066	123	979	116	846	88	691	95
Деревообробна промисловість	126	5	119	8	104	5	76	9
Легка та текстильна промисловості	40	1	62	3	38	2	25	0
Соціально-культурна сфера та торгівля	1450	96	1477	76	1373	60	1137	92
Разом:	10657	685	9816	623	8568	538	6318	548

Щодо областей України, в яких було зареєстровано найбільше випадків травматизму, то до них слід віднести Донецьку, Дніпропетровську, Запорізьку, Луганську області та м. Київ (табл.2).

Таблиця 2 – Стан виробничого травматизму за 2011-2014 роки по областях України (розроблено авторами за даними [4])

Області	2011 рік		2012 рік		2013 рік		2014 рік	
	Всього	В т.ч. смерт.	Всього	В т.ч. смерт.	Всього	В т.ч. смерт.	Всього	В т.ч. смерт.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Україна	10657	685	9816	623	8568	538	6318	548
АР Крим *	236	18	256	13	187	14	51	3
м. Севастополь *	58	8	43	4	42	3	18	0
Вінницька	288	21	230	20	220	16	216	17
Волинська	225	10	192	9	167	6	137	7
Дніпропетровська	836	51	842	56	783	49	767	57
Донецька	3707	134	3499	138	2916	128	1850	125
Житомирська	192	12	166	13	138	12	115	15
Закарпатська	62	16	60	8	35	5	44	9
Запорізька	428	25	388	25	356	17	304	14
Івано-Франківська	106	17	124	11	92	8	79	12

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Київська	180	20	190	28	180	26	154	26
м. Київ	399	47	365	38	386	39	334	34
Кіровоградська	148	11	126	15	83	11	73	5
Луганська	1588	85	1204	58	1093	46	578	48
Львівська	288	22	287	20	257	21	241	22
Миколаївська	124	12	89	8	87	10	79	7
Одеська	201	22	223	19	180	22	117	18
Полтавська	251	23	244	17	223	18	217	19
Рівненська	143	13	130	16	120	7	116	7
Сумська	177	7	172	15	147	12	121	13
Тернопільська	77	17	72	9	82	5	80	11
Харківська	307	28	316	26	270	19	208	32
Херсонська	145	10	131	10	106	10	83	11
Хмельницька	153	19	154	16	140	13	122	10
Черкаська	135	17	120	17	113	12	73	9
Чернівецька	54	10	54	6	35	3	41	5
Чернігівська	149	10	139	8	130	6	100	12

* Інформація в АР Крим та м. Севастополі узагальнена за 1-й квартал 2014 року

Порівняльний аналіз причин нещасних випадків зі смертельним наслідком у 2014 році свідчить, що найбільша їх кількість сталась з організаційних причин – 316 працівників або 58% від усієї кількості загиблих внаслідок нещасних випадків із смертельним наслідком, пов'язаних з виробництвом, у 2013 році даний показник склав 351 працівник або 65% від усієї кількості. Внаслідок нещасних випадків зі смертельним наслідком, що сталися з психофізіологічних причин загинув 121 працівник або 22% від усієї кількості (у 2013 році 64 працівники або 12%). Через технічні причини загинуло 111 працівників або 20% від усієї кількості (у 2013 році 123 працівники або 23% від усієї кількості) (табл.3).

Таблиця 3 – Основні причини виробничого травматизму на підприємствах України за 2013-2014 роки (розроблено авторами за даними [4])

Причина	2013 рік		2014 рік	
	кількість нещасних випадків	% від загальної кількості	кількість нещасних випадків	% від загальної кількості
Організаційні причини				
Порушення трудової та виробничої дисципліни	142	40	106	34
Порушення правил безпеки руху	69	20	79	25
Порушення вимог безпеки під час експлуатації обладнання, устаткування, машин, механізмів, транспортних засобів тощо	61	17	32	10
Інші організаційні причини	79	23	99	31
Технічні причини				
Незадовільний технічний стан виробничих об'єктів, будівель, споруд, території, засобів виробництва, транспортних засобів	48	39	54	49
Через недосконалість технологічного процесу	11	9	18	16
Інші технічні причини	64	52	39	35

Порівнявши дані щодо травматизму на підприємствах України, було виявлено групи професій, за якими зареєстровано найбільше випадків смертельного травматизму за 2014 рік (табл.4).

Таблиця 4 – Групи професій, за якими зареєстровано найбільше випадків смертельного травматизму в 2014 році (розроблено авторами за даними [4])

Рід діяльності	Кількість загиблих	Відсоток від усієї кількості загиблих, %	Сфера діяльності
Транспортні працівники	110	20	- автомобільний транспорт – загинув 31 робітник; - сільське господарство – загинуло 13 робітників; - соціально-культурна сфера – загинуло 12 робітників
Керівні працівники	81	15	- соціально культурна сфера – загинуло 29 робітників; - вугільна промисловість – загинуло 11 робітників
Шахтарі	86	16	79 загиблих працівників працювало на підприємствах вугільної промисловості
Будівельники	52	10	безпосередньо в будівельній галузі працювало 26 робітників
Електрики	39	7	12 робітників працювали на підприємствах енергетичної галузі
Працівники сільського господарства	30	5	- сільське господарство – 15 робітників; - лісове господарство – 11 робітників

Також значна кількість загиблих – працівники таких груп професій, як робітники, пов’язані з охороною – 21 або 4% від загальної кількості; робітники соціально-культурної сфери (до якої належать медичні, освітні, торговельні та установи громадського харчування) – 22 або 4%.

Зважаючи на високу кількість випадків травматизму, необхідним є створення системи профілактики випадків травматизму на підприємствах України (рис.2).

Для уникнення випадків виробничого травматизму його профілактика повинна включати наступні етапи:

- облік та аналіз всіх випадків виробничих травм за їх характером та локалізацією;
- аналіз причин та обставин травм, інформація усіх необхідних закладів;
- розробка медичних, санітарно-гігієнічних заходів щодо зниження травматизму;
- постійний контакт зі службою техніки безпеки підприємства;
- навчання населення прийомів само- та взаємодопомоги;
- контроль за виконанням заходів щодо зниження всіх видів травматизму.

Висновки. Отже, виробничий травматизм – це досить складне явище. Попередження або профілактика травматизму на виробництві здійснюється за допомогою різних заходів. Заходи щодо усунення причин промислового травматизму включають в себе строгий і постійний нагляд за правильною організацією праці та за дотриманням правил техніки безпеки як адміністрацією підприємства або цеху, так і самими робітниками. Слід мати на увазі, що для робітників, які виконують складні технічні роботи, повинен бути введений обов’язковий технічний мінімум знань, що включає і основні відомості з техніки безпеки. Всі працівники, які вперше приходять на виробництво, повинні проходити санітарно-технічний інструктаж. Ознайомлення працюючих з можливістю виникнення небезпечних ситуацій на робочому місці, агітаційна та роз’яс-



Рисунок 2 – Основні заходи профілактики виробничого травматизму на підприємствах України (розроблено авторами)

нювальна робота, навчання всіх працівників підприємства безпечних методів роботи дозволяють багаторазово знизити рівень травматизму на підприємстві.

Майбутні дослідження повинні бути направлені на вивчення обставин нещасних випадків і виявлення їх причин, що надасть можливість створити модель дій ефективного запобігання травматизму на виробництві.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кундієв Ю.І. Виробничий травматизм в Україні за видами економічної діяльності та причинами виникнення / Ю.І.Кундієв, І.Г.Кононова // СЕС, профілактична медицина. – 2009. – № 6. – С.14-22.
2. Ткачук К.Н. Основи охорони праці: підручник / К.Н.Ткачук, М.О.Халімовський. – 2-ге вид., доп. та перероб. – К.: Основа, 2006. – 448с.
3. Ярошевська В.М. Охорона праці в галузі: навч. посіб. / В.М.Ярошевська, В.Й.Чабан. – К.: ВД Професіонал, 2004. – 286с.
4. Офіційний сайт Державної служби гірничого нагляду та промислової безпеки України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://dnop.gov.ua/index.php/uk/>.
5. Офіційний сайт Державного комітету статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua>.

Надійшла до редколегії 01.02.2016.