

Приведены результаты экспериментальных исследований распределения скорости воздушного потока в междурядном пространстве трубных пучков и температур на поверхностях нагревательных элементов. Результаты экспериментов показали, что осевые вентиляторы формируют неравномерный воздушный поток перед нагревательным трубным пучком. Данная начальная неравномерность воздушного потока в трубном пучке распространяется как поперек пучка, так и по его глубине. Неравномерный воздушный поток существенно влияет на температуру поверхности нагревательных элементов. Распределение температуры на поверхности нагревательных элементов зависит от скорости воздушного потока. Данные эксперименты дают возможность оптимизировать компоновку расположения нагревательных элементов в вентиляционно-отопительных агрегатах.

Ключевые слова: трубный пучок, скорость, температура, воздушный поток, воздушный нагреватель, вентилятор.

Kyrychenko M.A., Cherpurna N.V., Baranovska C.V. Experimental Researches of Airstream Speed Distribution in the Interrow Space of Pipe Bunches and Temperatures on the Surface of Heater Elements

Some results of experimental researches of airstream speed distribution in the interrow space of pipe bunches and temperatures on the surface of heater elements are provided. The results of experiments showed that axial ventilators formed the uneven current of air before a heater pipe bunch. This initial unevenness of air current in a pipe bunch spreads both on the cut of bunch and on its depth. The uneven air current substantially influences the temperature of heater elements surface. The distribution of temperature on the surface of heater elements depends on the speed of airstream. These experiments allow optimizing arrangement of the location of heater elements in ventilating-heating aggregates.

Key words: pipe bunch, speed, temperature, airstream, air heater.

УДК 678.027.3

Директор А.М. Найдя –
ТЗОВ "Калуський трубний завод", м. Калуш

ПОРІВНЯЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТРУБ З НЕПЛАСТИФІКОВАНОГО ТА ОРІЄТОВАНОГО ПОЛІВІНІЛХЛОРИДУ

Подано результати проведених випробувань фізико-механічних властивостей труб з ПВХ і ПВХ-О, а саме на опір падаючого вантажу, межу текучості, відносне видовження, зміни довжини труб при нагріванні, температури розм'якшення за Віка, стійкість до дихлоретану, стійкість до постійного внутрішнього тиску. Параметри визначено за допомогою такого обладнання, як тестер удару Gotech GT-7037-DA; розривна машина GT-AI7000-M, прилад Віка, лабораторна термокамера, гідравлічний стенд, згідно з ДСТУ Б.В.2.7-147:2007 "Будівельні матеріали. Труби із неластифікованого полівінілхлориду та фасонні вироби до них для холодного водопостачання. Технічні умови". Наведено переваги труб з ПВХ-О над трубами з ПВХ.

Ключові слова: полімерний матеріал, труба з ПВХ-О, труба з ПВХ, полівінілхлорид, опір падаючого вантажу, межа текучості, відносне видовження, зміна довжини труб при нагріванні, температура розм'якшення за Віка, стійкість до дихлоретану, стійкість до постійного внутрішнього тиску.

Вступ. Труби з неластифікованого полівінілхлориду (НПВХ) у водопостачанні і каналізації прийшли на заміну труб з чавуну, бетону, залізобетону, поліолефінів. Вони є найкращим шляхом вирішення проблем зменшення витрат у прокладанні мереж. Труби з орієтованого ПВХ (ПВХ-О) стають ефективним конкурентом труб із НПВХ. Завдяки процесу молекулярної орієнтації НПВХ ці труби відрізняються значною кількістю виняткових особливостей серед інших

труб, призначених для цієї області застосування. Непластифікований полівінілхлорид за своєю природою – аморфний полімер, молекули якого розташовані безладно. Але за певних умов (тиску, температури і швидкості) при витяжці матеріалу можлива орієнтація молекул у напрямку витяжки.

Постановка проблеми і актуальність теми дослідження. На сьогодні виготовляють труби згаданих двох типів. Але для виробників недостатньо інформації з порівняння фізико-механічних характеристик і властивостей напірних труб та вихідних матеріалів, з яких труби виготовляють. Такими є: опір падаючого вантажу, межа текучості, відносне видовження, зміна довжини труб при нагріванні, температура розм'якшення за Віка, стійкість до дихлоретану, стійкість до постійного внутрішнього тиску.

Результати дослідження та їх аналіз дадуть змогу під час проектування виробництва оптимально вибрати тип труб з НПВХ або труб з ПВХ-О.

Стан дослідженості проблематики у науковій літературі. Методи визначення характеристик і властивостей труб з полівінілхлориду, котрі перераховані вище, викладено в держстандартах [1-4]. Теоретичні основи залежностей властивостей і характеристик від вимог до виробів з полівінілхлориду, умов перероблення розглянуто в наукових працях І.І. Тугова, Г.І. Костиркіної [5], В.В. Гузеева [6], К.С. Мінскера, Г.Є. Заїкова [7], Ч. Уїлки [8], В.П. Володіна [9], Д. Уїлоубі [10] використані під час проведення досліджень.

Мета роботи – порівняння характеристик труб з ПВХ-О і ПВХ, такі як опір падаючого вантажу, межа текучості, відносне видовження, зміна довжини труб при нагріванні, температура розм'якшення за Віка, стійкість до дихлоретану, стійкість до постійного внутрішнього тиску, що дадуть змогу під час проектування виробництва оптимально вибрати тип труб з НПВХ або труб з ПВХ-О.

Виклад основного матеріалу. Для експериментальних досліджень брали трубу з НПВХ (зовнішній діаметр $d_e = 90$ мм і товщина стінки $e = 3,5$ мм) і ПВХ-О ($d_e = 110$ мм і $e = 2$ мм), яка була зроблена орієнтацією з труби НПВХ ($d_e = 90$ мм і $e = 3,5$ мм).

Визначення опору удару падаючого вантажу. Випробування проводили на 10-ти відрізках довжиною $200^{\pm 2}$ мм одного типорозміру для кожної серії ударів: 25, 32, 39, 48, 52, 56, 64, 66, 72, 80. Зразки перед ударом кондиціонували за температури $0^{\pm 10}$ °C протягом 1 год. Вимірювання опору удару за методом падаючого вантажу проводили протягом 5 хв після закінчення кондиціонування. Зразки труб розташовували та фіксували на горизонтальній установочній плиті за допомогою затискачів на V-подібних призмах з кутом при вершині $120^{\pm 2}$ °. Місця нанесення ударів відзначали на гладких циліндричних частинах зразків лініями на рівній відстані по довжині кола. Кількість ліній відповідала кількості ударів, нанесених одному зразку. Точка нанесення удару була рівновіддалена від торців циліндричної частини випробувального зразка.

Наконечник вантажу, що входить у зіткнення зі зразком, був півсферою з радіусом 90 мм для випробувань труб, яка виконана зі сталі з твердістю не менше HRC 20. Висота падіння вантажу до точки контакту наконечника з поверхнею зразка була 1600 мм. Маса падаючого вантажу становила 0,5 кг. Якщо зразок витримував удар, його провертали у V-подібній призмі до наступної поз-

наченої лінії і знову піддавали його удару падаючим вантажем, за потреби після повторного кондиціонування. Після чого випробуванням піддавали наступний зразок. Ця процедура тривала доти, поки по всіх позначених лініях не було нанесено по одному удару, після цього занесли до протоколу загальну кількість ударів і полумок.

Вважалось, що зразок не пройшов випробування, якщо він розбився, тріснув або відколосся по зовнішній поверхні труби або фасонного виробу, якщо це було спричинено ударом і ушкодження можна побачити без збільшення. Заглиблення і вм'ятини поверхні зразка не є свідченнями того, що зразок не пройшов випробування. Після визначення факту поломки зразка, удари по лінії на його поверхні припиняли, а зразок замінювали на інший.

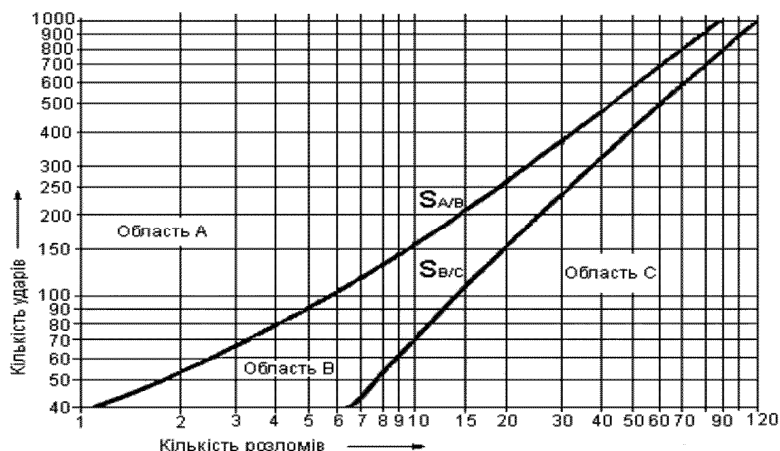


Рис. 1. Кількість зразків для 10 % TIR (при 90 % рівні точності)

Отже, аналізуючи дані випробувань, можна зазначити, що в зону А (згідно з рис. 1) повністю потрапила труба з ПВХ-О до 80 ударів, тоді як труба з НПВХ в зону А потрапила тільки при 25 ударах, що свідчить про набагато більший опір удару падаючого вантажу. Схематично графік опору удару падаючого вантажу зображено на рис. 2.

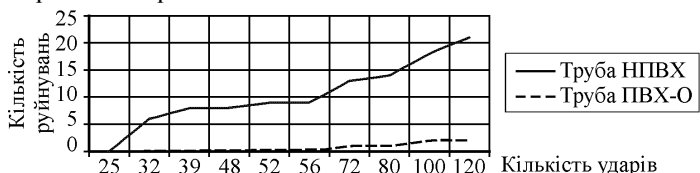


Рис. 2. Графік руйнувань труб з НПВХ і труб з ПВХ-О в аналізі на опір удару падаючого вантажу

Визначення відносного подовження труб при розриві і межі текучості при розтягу. Під час випробувань використовували розривну машину GT-AI7000-M. Відносне подовження труб при розриві та межі текучості при розтягу визначали згідно з ГОСТ 11262 між затискачами розривної машини за швид-

кості руху затискачів розривної машини $25^{\pm 1}$ мм/хв на випробувальних зразках, що вирізались з гладкої частини зразків труб у поздовжньому напрямку (10 зразків труб з орієнтацією, 10 зразок труби без орієнтації). Результати випробування наведено на графіку (рис. 3).

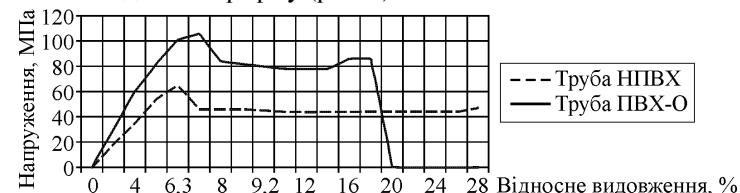


Рис. 3. Графік відносного подовження труб при розриві і межі текучості при розтягу труб з НПВХ і труб з ПВХ-О

З графіка видно, що межа текучості при розтягу труби з ПВХ-О більша за межу текучості при розтягу труби з НПВХ на 81 %, а відносне видовження менше на 30-35 %.

Визначення зміни довжини труб після прогрівання. Випробування проводили на шістьох зразках кожного типу труби довжиною $200^{\pm 10}$ мм, що вирізались з гладкої частини зразків труб відібраних у поздовжньому напрямку. На зовнішню поверхню кожного зразка наносили три лінії паралельно осі труб на рівній відстані одна від одної. На кожній лінії робили дві відзначки по периметру на відстані $50^{\pm 5}$ мм від торців зразків. Відстань між відзначками (L_0) становила не менше 100 мм за температури $23^{\pm 2}$ °C і вимірювалась з похибкою не більше 0,25 мм. Після кондиціонування за температури $23^{\pm 2}$ °C протягом не менше 2 год зразки розташовували в сушильній шафі на скляній підкладці, посипаній тальком, і витримували при температурі 150 °C упродовж 20 хв. Результати випробування наведено на графіку (рис. 4).

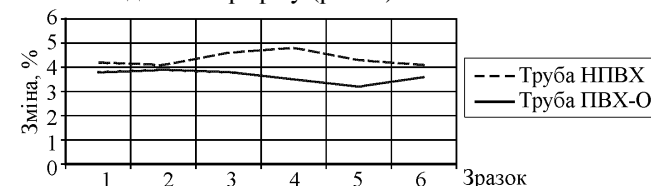


Рис. 4. Графік зміни довжини труб з НПВХ і труб з ПВХ-О (150 °C упродовж 20 хв)

З графіка видно, що значення зміни довжин труб з НПВХ та ПВХ-О після прогрівання за температури 150 °C упродовж 20 хв незначно відрізняються, зміна довжини при нагріванні труби НПВХ у середньому на 10-15 % більша за зміну довжини при нагріванні труби з ПВХ-О.

Визначення температури розм'якшення за Віка. Визначення температури розм'якшення за Віка проводили на шести зразках кожного типу труби у вигляді прямокутних сегментів довжиною $50^{\pm 5}$ мм, шириною $15^{\pm 5}$ мм і товщиною, рівною товщині стінки гладкої частини труби. Для випробування використовували прилад визначення теплостійкості за Віка. Принцип його дії полягав в тому, що циліндрична сталева голка перерізом 1 мм^2 навантажувалась вантажем 5 кг і встановлювалась вертикально до горизонтально розміщеного взір-

ця. Температуру підвищували на 50°C. Градусом за Віка була та температура, при якій голка занурилась всередину на 1 мм. Результати випробовування наведено на графіку (рис. 5).

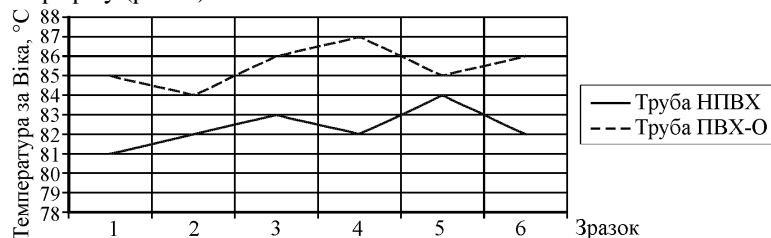


Рис. 5. Графік визначення температури розм'якшення за Віка труб з НПВХ і труб з ПВХ-О

З графіка видно, що відмінність значень температури розм'якшення за Віка труб з НПВХ і ПВХ-О незначна, значення температури розм'якшення за Віка труби НПВХ в середньому на 5 % менше за значення температури розм'якшення за Віка труби з ПВХ-О.

Визначення стійкості до дії дихлоретану. Визначення зміни стійкості до дії дихлоретану проводили на шести зразках кожного типу труби у вигляді прямокутних сегментів довжиною 50^{±5} мм, шириною 15^{±5} мм і товщиною, рівною товщині стінки гладкої частини труби. Зразки розміщували всередині лабораторної колби з круглим плоским дном і широким горлом за ємністю 500 мл і повністю занурювали у розчин дихлоретану технічного згідно з ГОСТ 1942. Колбу зі зразками розміщували в лабораторній шафі з примусовою вентиляцією і витримували за температури 15^{±0,5} °C упродовж 30 хв.

Далі зразки виймали з колби і висушували в лабораторній шафі з примусовою вентиляцією за температури 23^{±2}°C упродовж 30^{±5} хв. Зовнішній вигляд поверхні зразків оцінювали візуально без застосування збільшувальних приладів. Зразки всі витримали випробування, жоден з зразків не мав змін зовнішнього вигляду та тріщин глибиною більше ніж 20 % від товщини стінки.

Визначено, що як труби з НПВХ, так і з ПВХ-О стійкі до дії дихлоретану при витримуванні за температури 15^{±0,5} °C упродовж 30 хв.

Визначення стійкості при постійному внутрішньому тиску. Стійкість при постійному внутрішньому тиску труб проводили на зразках труб кожного типорозміру з будівельною довжиною L≤500 мм. Випробувальні зразки вирізали довжиною L не менше 500 мм з гладкої частини відібраних зразків труб. Випробування проводили згідно з умовами, зазначеними в табл. 3 і 4 на трьох зразках.

Табл. 1. Умови випробування внутрішнім тиском для труб для труби з НПВХ 90×3,5 мм за умов експлуатації труби PN=1 МПа

Параметр випробування				Внутрішній тиск, МПа
Температура, °C	Напруження в стінці труби, МПа	Час, год	Тип випробування	
20	42,0	1	Вода в воді	3,41
20	35,0	100		2,84
60	12,5	1000		1,02

Табл. 2. Умови випробування внутрішнім тиском для труби з ПВХ-О 110*2 мм за умов експлуатації труби PN=1 МПа

Параметр випробування				Внутрішній тиск, МПа
Температура, °C	МПа	Час, год	Тип випробування	
20	92	1	Вода в воді	3,41
20	77	100		2,84
60	27	1000		1,02

Напруження в стінці труби під час випробування труби з ПВХ-О підбирали таким, щоб були однакові умови випробування з трубою з НПВХ, а саме був однаковим внутрішній тиск, з урахуванням того, що труба з НПВХ 90×3,5 була розрахована для PN10, тобто номінальним тиском 1 МПа. Тиск у зразку підтримували з похибкою не більше 2 % на гідростенді. Результати випробувань були позитивними. Жоден зразок не зруйнувався до закінчення контрольного терміну випробування. Тоді вирішили провести випробування в умовах номінального тиску 1,6 МПа. Випробування проводили згідно з умовами, зазначеними в табл. 3 і 4 на трьох зразках.

Табл. 3. Умови випробування внутрішнім тиском для труби з НПВХ 90×3,5 мм за умов експлуатації труби PN=1,6 МПа

Параметр випробування				Внутрішній тиск, МПа
Температура, °C	Напруження в стінці труби, МПа	Час, год	Тип випробування	
20	67,0	1	Вода в воді	5,45
20	56,0	100		4,54
60	20,0	1000		1,63

Табл. 4. Умови випробування внутрішнім тиском для труби з ПВХ-О 110×2 мм за умов експлуатації труби PN=1,6 МПа

Параметр випробування				Внутрішній тиск, МПа
Температура, °C	МПа	Час, год	Тип випробування	
20	147	1	Вода в воді	5,45
20	123	100		4,54
60	44	1000		1,63

Результати випробувань були позитивними для труби з ПВХ-О 110×2 мм, а саме жоден зразок не зруйнувався до закінчення контрольного терміну випробування. Результати випробувань були негативними для труби з НПВХ 90×3,5 мм, а саме всі зразки зруйнувалися до закінчення контрольного терміну випробування. Отже, можна зробити висновок, що труба з ПВХ-О позитивно проходить випробування на стійкість до постійного внутрішнього тиску в однакових умовах експлуатації з трубою з НПВХ (на які розрахована труба), а також позитивно проходить випробування на стійкість до постійного внутрішнього тиску за ускладнених умов експлуатації з трубою з НПВХ, а саме за збільшеного номінального тиску, тоді як труба з НПВХ має негативні результати випробування.

Висновки. Проведені дослідження труб з НПВХ і ПВХ-О підтвердили перспективність розвитку напрямку виробництва труб з ПВХ-О через їх кращі фізико-механічні характеристики. Зроблено такі висновки:

1. Опір удару падаючого вантажу труб з ПВХ-О набагато більший від опору удару падаючого вантажу труб з НПВХ. У зону А, тобто випробовування витримано повністю, потрапила труба з ПВХ-О до 80 ударів, тоді як труба з НПВХ в зону А потрапила вже після 25 ударів.
2. Межа текучості при розтягу труби з ПВХ-О більша за межу текучості при розтягу труби з НПВХ на 81 %, а відносне видовження менше на 30-35 %.
3. Відмінність значень зміни довжин труб з НПВХ і ПВХ-О після прогрівання за температури 150 °С упродовж 20 хв незначна, зміна довжини внаслідок нагрівання труби з НПВХ в середньому на 10-15 % більша за зміну довжини при нагріванні труби з ПВХ-О.
4. Відмінність значень температури розм'якшення за Віка труб з НПВХ і ПВХ-О незначна, значення температури розм'якшення за Віка труби НПВХ у середньому на 5 % менше за значення температури розм'якшення за Віка труби з ПВХ-О.
5. Як труби з НПВХ, так і з ПВХ-О стійкі до дії дихлоретану при витримуванні за температури 15^{±0.5} °С упродовж 30 хв.
6. Труба з ПВХ-О позитивно проходить випробовування на стійкість до постійного внутрішнього тиску за однакових умов експлуатації з трубою з НПВХ (на які розрахована труба), а також позитивно проходить випробовування на стійкість до постійного внутрішнього тиску в ускладнених умовах експлуатації з трубою з НПВХ, а саме збільшеному номінальному тиску, тоді як труба з НПВХ має негативні результати випробовування.

Література

1. Труби з непластифікованого полівинілхлориду та фасонні вироби до них для холодного водопостачання. Технічні умови: ДСТУ Б.В.2.7-147:2007. – К. : Вид-во Міністерства регіонального розвитку та будівництва, 2007. – 88 с. – (Національний стандарт України).
2. Thermoplastics pipes – Determination of ring stiffness ISO 9969:1994 (Труби з термопластів. Визначення кільцевої жорсткості).
3. Thermoplastics pipes. Test method for resistance to external blows by the round-the-clock method. EN 744: 1995. (Труби з термопластів. Метод тестування на стійкість до дії зовнішніх ударів рівномірно розподілених по периметру).
4. Plastics piping systems for water supply– Unplasticized poly (vinyl chloride) (PVC-U) – Part 1: General EN 1452-1. (Системи пластмасових трубопроводів для водопостачання – не пластифікований полівинілхлорид (НПВХ) – Частина 1. Загальна).
5. Тугов И.И. Химия и физика полимеров / И.И. Тугов, Г.И. Костыркина. – М. : Изд-во "Химия", 1989. – 432 с.
6. Гузев В.В. Исследование и разработка композиционных материалов на основе поливинилхлорида : дисс. ... д-р техн. наук / В.В. Гузев. – М., 1979. – 36 с.
7. Минскер К.С. Достижения и задачи исследований в области старения и стабилизации ПВХ / К.С. Минскер, Г.Е. Заиков // Пластические массы. – 2001. – № 4. – С. 27-35.
8. Уилки Ч. Поливинилхлорид : пер. с англ. / Ч. Уилки, Дж. Саммерс, Ч. Даниэлс (ред.); под ред. Г.Е. Заикова. – СПб. : Изд-во "Профессия", 2007. – 728 с.
9. Володин В.П. Экструзия пластиковых труб и профилей / В.П. Володин – СПб. : Изд-во "Профессия", 2010. – 240 с.
10. Уилоуби Д. Полимерные трубы и трубопроводы / Давид Уилоуби. – СПб. : Изд-во "Профессия", 2010. – 485 с.

Найда А.М. Сравнительные испытания особенностей труб из непластифицированного и ориентированного поливинилхлорида

Приведены результаты проведенных испытаний физико-механических свойств труб из ПВХ и ПВХ-О, а именно на сопротивление падающего груза, границу текучести, относительное удлинение труб при нагреве, температуры размягчения по Вика, стойкость к дихлорэтану, стойкость к постоянному внутреннему давлению. Параметры

определены с помощью такого оборудования, как тестер удара Gotech GT-7037-DA; разрывная машина GT-AI7000-M, прибор Вика, лабораторная термокамера, гидравлический стенд, согласно ДСТУ Б.В.2.7-147: 2007 "Строительные материалы. Трубы из непластифицированного поливинилхлорида и фасонные изделия к ним для холодного водоснабжения. Технические условия". Показаны преимущества труб из ПВХ-О над трубами из ПВХ.

Ключевые слова: полимерный материал, труба из ПВХ-О, труба из ПВХ, поливинилхлорид, сопротивление падающего груза, граница текучести, относительное удлинение труб при нагреве, температура размягчения по Вика, стойкость к дихлорэтану, стойкость к постоянному внутреннему давлению.

Найда А.М. Comparative Tests of Oriented Unplasticized Polyvinyl Chloride Pipes

Tests of physical and mechanical properties of PVC pipes or PVC-O, namely, the load resistance drops, the boundary strength, elongation on heating pipes, Vica temperature, dichloroethane resistance, and resistance to constant internal pressure have been done. The tests to determine the characteristics of PVC pipes and PVC-O were performed according to DSTU B.V.2.7-147:2007 "Building Materials. Pipes of unplasticized polyvinylchloride and their shaping in cold water. Specifications" using the following equipment: tester effort Gotech GT-7037-DA; tensile machine GT-AI7000-M, Vick device, laboratory heat chamber hydraulic stand. Advantages of PVC have been shown.

Key words: polymeric material, PVC-O pipe, polyvinylchloride, falling weight resistance, boundary strength, elongation at heating pipes, Vica temperature resistance, dichloroethane resistance, resistance to constant internal pressure.

УДК 658.5:331.4:614.84:351.862:504.06

Доц. В.М. Сторожук,
канд. техн. наук – НЛТУ України, м. Львів

ОЦІНЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЬ БЕЗПЕЧНОСТІ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

У процесі функціонування промислового підприємства потенційно можливий негативний вплив чинників різного роду, як на виробничу діяльність підприємств, їх персонал, так і на населення прилеглих територій та навколишнє природне середовище. Розглянуто один з етапів на шляху вирішення проблеми ефективного запобігання виникненню небезпечних і шкідливих чинників виробничого та невиробничого характеру, а також вчасного та адекватного реагування у разі виникнення небажаних інцидентів – отримання оперативної та достовірної інформації, що сприятиме забезпеченню належного рівня безпеки промислового підприємства.

Ключові слова: безпека промислового підприємства, збір інформації, система управління.

Вступ. Успішне функціонування підприємства у сучасних умовах неможливе без належного забезпечення таких "невиробничих" і неприбуткових напрямів діяльності, як охорона праці і промислова безпека, виробнича санітарія та гігієна праці, пожежна та техногенна безпека, цивільний захист, охорона навколишнього природного середовища тощо, які визначають безпеку промислового підприємства¹ (БПП).

¹ Безпека промислового підприємства – властивість підприємства (об'єкта) за нормальної експлуатації та в разі аварії обмежувати вплив джерел небезпеки на персонал, населення та навколишнє середовище встановленими межами (ДСТУ 2156-93) [1].