

2. [В.В. Бегун, О.В. Горбунов, И.Н. Каденко и др.]. – К: Політехніка, 2000. – 568 с.
3. Онисимчук, Т.М. Аналіз радіаційного ризику аварії при експлуатації сховища відпрацьованого ядерного палива [Текст] / Т.М. Онисимчук, О.Я. Тверда // «Кременчуцьке видавництво» КрПУ. – 2016. – №15. –172 с.
4. Стрес-тести АЕС України: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://uatom.org/index.php/uk/zagalni-vidomosti/pidvischenny-bezpeky-aes>.
5. Козлов, И.Л. Критерии затопления промплощадок АЭС совместным воздействием смерчей и землетрясений в пруде-охладителе [Текст] / И.Л. Козлов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – №3. –75 с. <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2015.42146>
6. Острейковский, В.А. Безопасность атомных станций. Вероятностный анализ [Текст] / В.А. Острейковский, Ю.В. Швыряев – Москва: Физматлит, 2008. – 352 с.
7. Матеріали з обґрунтування безпеки продовження терміну експлуатації енергоблоків №1,2 ВП «Запорізька АЕС» у понадпроектний строк: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/art_id=245133959.
8. Безопасность современных проектов АЭС. Уроки японской катастрофы: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://sosny.bas-net.by/wp-content/uploads/2012/12/Inform_3.pdf.

Стаття надійшла до редакції 12.01.2017р.

УДК 364.075

DOI: 10.20535/2079-5688.2017.32.83558

Т.В. Яковлева, студ., **Л.А. Сербінова**, ас., к.т.н., **Т.В. Гребенюк**, ст. викл., к.т.н. (КПІ ім. І. Сікорського)

ВПРОВАДЖЕННЯ ОЧИСНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕРМІЧНОЇ ДЕМЕРКУРИЗАЦІЇ

T. Yakovleva, L. Serbinova, T. Hrebenuk (National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”)

IMPLEMENTATION OF SEWAGE TREATMENT OF PLANTS FOR THERMAL DEMERCURIZATION

Відомі на сьогодні способи та засоби демеркуризації мають значні недоліки, недостатньо безпечні та ефективні. Виконано аналіз динаміки виробництва нерадіоактивних відходів на Южно-Українській АЕС за 2013-2015 рр.

В цілях зменшення обсягу утворення відходів I класу небезпеки, внаслідок використаних ртутних люмінесцентних ламп, запропоновано встановити у виробничих приміщеннях ЮУАЕС очисну установку для термічної демеркуризації. Також, в процесі роботи розраховано еколого-економічний ефект від впровадження установки для термічної демеркуризації.

Ключові слова: клас небезпеки; нерадіаційні відходи; люмінесцентні лампи; відпрацьовані ртутні лампи; ртуть; демеркуризація; пари ртуті; повітря; робоча зона.

Известные способы и средства демеркуризации имеют значительные недостатки, недостаточно безопасны и эффективны. Выполнен анализ динамики производства нерадиоактивных отходов на Южно-Украинской АЭС в 2013-2015 гг.

В целях уменьшения объема образования отходов I класса опасности, в результате использованных ртутных люминесцентных ламп, предложено установить в производственных помещениях ЮУАЭС очистительную установку для термической демеркуризации. Также, в процессе работы рассчитан эколого-экономический эффект от внедрения установки для термической демеркуризации.

Ключевые слова: класс опасности; нерадиационные отходы; люминесцентные лампы; отработанные ртутные лампы; ртуть; демеркуризация; пары ртути; воздух; рабочая зона.

There are currently ways and means demercurization have significant drawbacks, not safe and effective.

The analysis of the dynamics of the production of non-radioactive waste at the South Ukrainian nuclear power plant for the 2013-2015 biennium.

Proposed to establish production facilities in South Ukrainian nuclear power plant in order to reduce the volume of waste hazard class I, because of mercury used fluorescent lamps, sewage treatment plants for thermal demercurization.

Also calculated environmental and economic benefits in the process of implementing the installation for thermal demercurization.

Keywords: class risk; non-radiation waste; fluorescent tubes; spent mercury lamps; mercury; demercurization; mercury vapor; air; work area.

Вступ. У результаті технологічного процесу на АЕС утворюються виробничі відходи: радіоактивні «брудні» та нерадіоактивні «чисті». Радіоактивні відходи (далі – РАВ), в свою чергу, поділяються на газоподібні, рідкі, тверді та за активністю - низької, середньої та високої активності.

Основними видами можливого впливу на навколишнє середовище при роботі атомних електростанцій, виходячи з технологічного процесу, є радіаційний, хімічний і фізичний вплив. В результаті виробничої діяльності Южно-Української АЕС утворюються 59 видів нерадіоактивних відходів.

Серед існуючих класів відходів найнебезпечнішим та найважчим у процесі переробки та користування є I клас нерадіаційних відходів. Це ртутьвмісні відходи, які потребують особливої технології знезараження при експлуатації розгерметизації, транспортування та захоронення.

З метою відповідності цілям і нормам екологічної політики Євросоюзу, 04 липня 2012 р. була прийнята Директива 2012/19/ЄС «Про відходи електричного та електронного устаткування» (Директива 2012/19/ЄС) [1]. Положення Директиви 2012/19/ЄС стосуються утилізації та повторного

використання відпрацьованих електронних та електричних пристроїв та ґрунтуються на принципі обережності та профілактики, щодо нанесення можливого збитку довкіллю, захисту і поліпшення навколишнього середовища, захисту здоров'я людини, а також на тому, що екологічний збиток, заподіяний джерелом забруднення, в пріоритетному порядку був компенсований [2].

Актуальність теми. Однією із реальних проблем є відходи електричного та електронного устаткування, вміст шкідливих компонентів в яких (ртуть, кадмій, свинець, шестивалентний хром і поліхлоровані біфеніли і озоноруйнівні речовини) які віднесені до класу небезпечних відходів, є серйозною проблемою на етапі поводження з відходами та їх утилізації [2].

Проаналізувавши морфологічний склад твердих побутових відходів (далі – ТПВ), що характерний для середньої кліматичної зони України, в якій розташовується Южно-Українська АЕС, можна сказати, що найбільший відсоток відходів припадає на продуктові відходи, а саме майже 38% від усієї маси ТПВ (див. рис. 1). Тоді як на небезпечні відходи припадає від 0,5 до 1,5 % від усієї маси ТПВ.

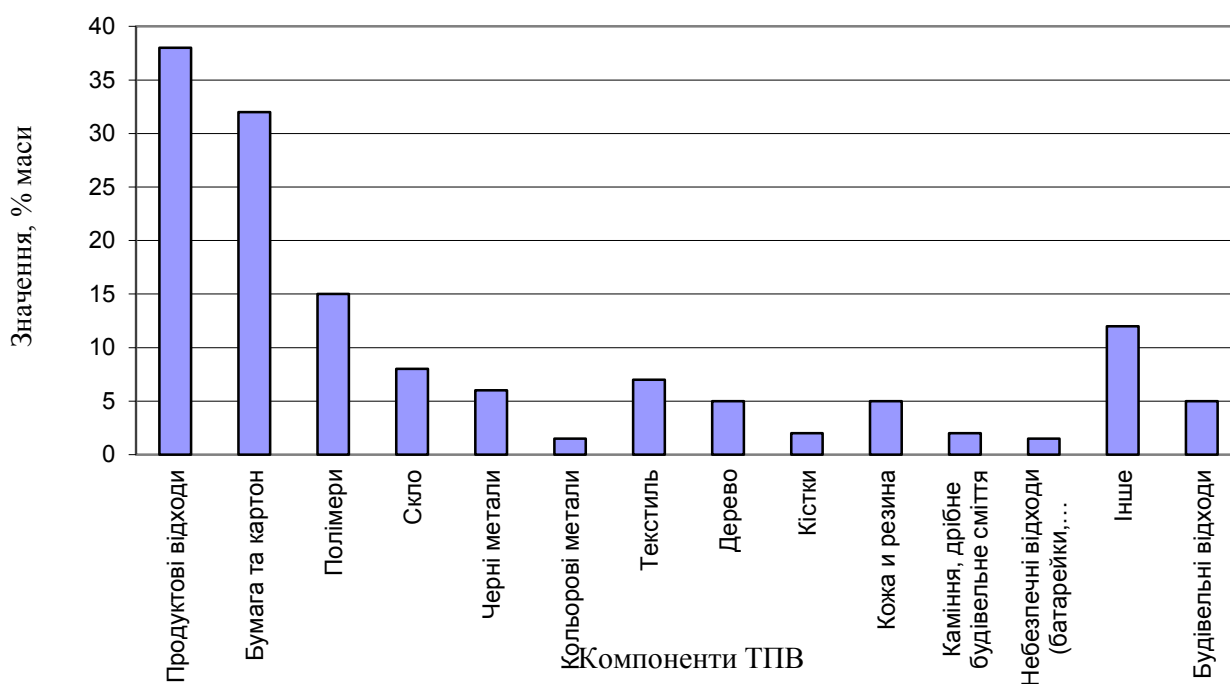


Рис. 1. Морфологічний склад твердих побутових відходів в Україні

Однак зважаючи на те, що небезпечні відходи відносяться до I класу шкідливості, тобто існує необхідність регламентування роздільного збору відходів електричного та електронного устаткування (люмінесцентних та енергозберігаючих ламп).

А отже, обираючи спосіб утилізації відпрацьованих люмінесцентних та енергозберігаючих ламп, слід керуватися відповідними нормами чинного законодавства.

В свою чергу відомі способи та засоби демеркуризації мають значні недоліки, недостатньо безпечні та ефективні. Тому на сьогодні актуальним є впровадження технології термічної демеркуризації виробничих приміщень.

Метою роботи є впровадження очисної установки для термічної демеркуризації у виробничих приміщеннях станції.

Основна частина. У відповідності до статуту ДП «НАЕК «Енергоатом» основною метою (яка безпосередньо включає в себе, як функції, так і мету та основні завдання, а також напрями діяльності) діяльності є виробництво електроенергії, забезпечення безпечної експлуатації атомних електростанцій, поліпшення енергопостачання народного господарства і населення, підвищення ефективності роботи атомних електростанцій, а також у межах своєї компетенції, забезпечення постійної готовності України до швидких ефективних дій у разі виникнення аварій на підприємствах атомної енергетики, радіаційних аварій у промисловості.

За ступенем впливу на організм шкідливі речовини поділяються на чотири класи небезпеки.

Клас небезпеки шкідливих речовин встановлюють залежно від норм і показників (віднесення шкідливої речовини до класу небезпеки виробляють за показником, значення якого відповідає найбільш високому класу небезпеки).

Виробнича діяльність ВП ЮУАЕС супроводжується утворенням двох груп відходів: радіоактивних та звичайних (відходи виробництва та побутові). За агрегатним станом обидві групи включають рідкі та тверді відходи.

В результаті виробничої діяльності Южно-Української АЕС утворюються 59 видів нерадіоактивних відходів, які поділяються на класи небезпеки:

- перший клас небезпеки: відпрацьовані люмінесцентні лампи, що містять ртуть, відпрацьовані хімреактиви (частково) – 2 види відходів.
- другий клас небезпеки: відпрацьовані нафтопродукти, відпрацьовані свинцеві та лужні акумуляторні батареї, та т.і. – 5 видів відходів.
- третій клас небезпеки: промасляне ганчір'я, замазучений пісок, відпрацьовані шпали, відпрацьовані масляні фільтри та т.і. – 11 видів відходів.
- четвертий клас небезпеки: теплоізоляційні відходи, відходи деревообробки, недопал вапна, побутові відходи, будівельні відходи, відпрацьована гума, склобій, макулатура, відпрацьовані шини та т.і. – 41 вид відходів.

Клас небезпеки відходів встановлюється залежно від вмісту в них високотоксичних речовин розрахунковим методом або згідно з переліком відходів, наведених у Державному класифікаторі відходів.

Динаміка виробництва небезпечних токсичних відходів у період з 2012 по 2015 роки та їх розподіл за категоріями небезпеки наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Динаміка виробництва нерадіоактивних відходів на Южно-Українській АЕС у 2013–2015 рр.

Категорія небезпеки	2012, т/рік	2013, т/рік	2014, т/рік	2015, т/рік
Категорія 1	4,30	4,51	6,31	8,49
Категорія 2	75,99	22,63	26,84	35,83
Категорія 3	642,37	438,56	871,22	333,65
Категорія 4	1453,52	1940,87	1369,03	1595,86

З табл. 1 бачимо, що найменше при експлуатації ЮАЕС утворюється нерадіаційних відходів I класу.

Однак зважаючи на це, відходи відносяться до I класу шкідливості, тобто існує необхідність регламентування роздільного збору відходів електричного та електронного устаткування (люмінесцентних та енергозберігаючих ламп) [1, 2].

В залежності від класу токсичності тверді промислові відходи знешкоднують та проводять їх захоронення.

Основними методами знешкодження та захоронення твердих промислових відходів являються:

- біологічне окислення;
- термічна обробка;
- складування у поверхневих сховищах;
- захоронення високотоксичних речовин та їх сполук в поверхневих шарах землі.

На ВП ЮАЕС для утилізації відходів I класу небезпеки впроваджений метод захоронення та складування на полігонах. Проте, ці методи мають ряд недоліків: токсичність, значна затратність, проблеми транспортування і т.д.

Тому в цілях зменшення обсягу утворення відходів I класу небезпеки, зокрема ртутних люмінесцентних ламп, пропонується встановити у виробничих приміщеннях ЮАЕС очисну установку для термічної демеркуризації.

Розглянувши всі існуючі класи відходів та методи їх утилізації, робимо висновок, що найнебезпечнішим та найважчим у процесі переробки є I клас нерадіаційних відходів. Це ртутьмісні відходи, які потребують особливої технології знезараження, транспортування та захоронення.

Питання утилізації ртутних ламп законодавчо врегульовані, але власне утилізація вимагає великих капітальних витрат. У кожній люмінесцентній лампі міститься 3-5 мг ртуті. Підприємств, що спеціалізуються на переробці таких відходів, дуже мало. Серед них — Львівське державне підприємство «Аргентум», горлівський «Нікітовський ртутний комбінат», житомирське ТОВ «Ві-вам».

На сьогодні середня ціна утилізації однієї лампи на цих підприємствах становить 5,6 грн, не враховуючи затрати на їх транспортування до місця утилізації. Крім того, екологічний податок – 8,17 грн за одну лампу.

Кількість ртутних джерел світла (далі – ДС) постійно збільшується (світлове виробництво трубчастих люмінесцентні лампи (далі – ЛЛ) наближається до 1,5 млрд штук на рік).

Герметичні розрядні ДС, що містять ртуть, є безпечними, проте дуже часто відбуваються їх розгерметизація (руйнування) при експлуатації, під час транспортування, зберігання і утилізації у т.ч. через необережність і недбалість поводження з ними.

Загальна кількість відпрацьованих ртутних ламп, які знаходяться на підприємствах України, на початок 2012 р. складає понад 1,7 млн. штук. Навіть у разі найменшого вмісту ртуті у ЛЛ, який, зокрема, в компактній лампі складає 2,5...5 мг., у разі її руйнування значення гранично допустимих концентрацій пари ртуті може бути перевищено у 30 – 50 разів.

Це створює небезпечні умови праці та може негативно відбиватися на стані здоров'я працюючих, оскільки в разі накопичення ртуті у організмі змінюється формула крові, відбуваються патологічні зміни та невиліковні хронічні захворювання, не рідко з летальним виходом.

Відомі способи та засоби демеркуризації мають значні недоліки, недостатньо безпечні та ефективні.

А визначення залежності ртутного забруднення приміщень та прилеглих територій від розгерметизованими ДС, що містять ртуть, і розробці шляхів його зменшення, є актуальною задачею.

У таблиці 2 наведено кількість утворених відходів I класу небезпеки у 2015 році у ВП ЮУАЕС

Таблиця 2

Кількість утворених нерадіаційних відходів I класу небезпеки

Клас небезпеки	Назва і фізичний стан відходів	Місце зберігання	Ліміт	Утворено відходів	Передано відходів
I	Використані ртутьвмісні (твердий тип)	Герметичні металеві контейнери й закриті приміщення	38850	21027	21027

Проаналізувавши існуючий спосіб демеркуризації на ВП ЮУАЕС, та те що за 2015 рік на підприємстві утворилося 21027 шт відпрацьованих ламп (утилізація однієї лампи в середньому коштує 6 грн, тобто за рік витрати складають 126162 грн, не враховуючи витрати на транспортування та збір), зроблено висновок, що доцільним буде облаштувати власний цех з демеркуризації на підприємстві ВПЮУАЕС.

Забрудненість ртуттю виробничих та інших приміщень суттєво залежить від можливих руйнувань в них ДС зі вмістом ртуті, відзначено недостатність безпечних, ефективних та достатньо простих і доступних способів демеркуризації приміщень від ртутних забруднень.

Існуючі на даний час заходи не відвертають значну ртутну небезпеку в разі руйнування ЛЛ та інших розрядних ДС зі вмістом ртуті.

Небезпека ртутного забруднення для працівників посилюється тим, що їх органи чуття не в змозі виявити наявність пари ртуті в повітрі робочої зони приміщень. Більшість населення взагалі не обізнано з серйозною небезпекою руйнування ртутних ламп, а також практично відсутній належний державний нагляд та контроль за знаходженням та зберіганням розгерметизованих ДС. Не налагоджена система збору та утилізації відпрацьованих ртутних ДС, як це має місце у більшості розвинутих країн. [1-4].

На основі всього вище сказаного в роботі пропонується на підприємстві ВП ЮУАЕС встановити установку для термічної демеркуризації приміщень.

Особливістю розробленого способу демеркуризації приміщень є те, що ежектування забрудненого паром ртуті повітря здійснюється замкненою системою циркуляції повітря, в якій направлений рух пари ртуті разом з повітрям створюється електромеханічною дією коронного електричного розряду і додатково молекулярною дифузією. Забруднене ртуттю повітря направляється у спеціально створену охолоджену зону, де воно очищується від ртуті шляхом охолодження і конденсації [5-9].

Отже, демеркуризація даним способом, на відміну від існуючих способів, здійснюється без застосування незамкнених систем ежектування забрудненого ртуттю повітря з електромеханічним приводом, які самі можуть бути суттєвим вторинним ртутним забруднювачем приміщень. Відповідно попереджається додаткове забруднення нею інших елементів приміщень в результаті великої здатності більшості з них до сорбування ртутної пари [7-9].

Багаторазове циркулювання тієї ж самої обмеженої маси повітря у замкнутому контурі через холодильну камеру для очищення від ртуті шляхом конденсації її пари дає можливість суттєво підвищити ефективність демеркуризації приміщень і таким чином скоротити її тривалість, що важливо для безпечної роботи персоналу та знаходження в них людей.

Застосування негативно зарядженого ізолюваного металевого обідця запобігає виходу за межі циркуляційного контуру молекул ртуті і повітря, які під дією коронного розряду заряджені негативно і відштовхуються від обідця назад у контур.

Згідно даних на 2015 рік викиди відходів І касу безпеки (люмінесцентних ламп) склали 6,2 т/рік. Розмір екологічного податку до впровадження установки буде дорівнювати 12 460, 57 грн. А після впровадження установки, розмір екологічного податку буде дорівнювати 1343, 53 грн.

Проведений підрахунок показує, що розмір екологічного податку за викиди ртуті в атмосферу буде зменшений приблизно у 9 разів, а збитки будуть дорівнювати нулю.

Оскільки на ймовірність потрапляння ртуті у повітря робочої зони виробничих приміщень суттєво впливає термін експлуатації ДС зі вмістом ртуті, то подовження терміну експлуатації має велике значення для

попередження потрапляння ртуті у приміщення, оскільки частота заміни ламп і відповідно ймовірність їх руйнувань будуть меншими.

Висновки

Завдяки новому для ВП ЮУАЕС способу демеркурізації у виробничих приміщеннях, створяться здорові і безпечні умови праці, повітря виробничих приміщень яких забруднено ртуттю.

Демеркуризація запропонованим способом, на відміну від існуючих способів, здійснюється без застосування незамкнених систем ежектування забрудненого ртуттю повітря з електромеханічним приводом, які самі можуть бути суттєвим вторинним ртутним забруднювачем приміщень. Відповідно попереджається додаткове забруднення нею інших елементів приміщень в результаті великої здатності більшості з них до сорбування ртутної пари.

Проведений підрахунок показав, що розмір екологічного податку за викиди ртуті на ВП ЮУАЕС в атмосферу буде зменшений приблизно у 9 разів, а збитки будуть дорівнювати нулю.

Наднормативні викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря відсутні.

Список використаних джерел

1. Директива 2012/19/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 4 липня 2012 «Про відходи електричного та електронного устаткування».
2. Сербінова, Л.А., Про деякі питання нормативного регулювання сфери поводження з твердими побутовими відходами [Текст]/ Л.А. Сербінова, Ю.В. Дучкіна, Н.В. Чумакова // Вісник Державної установи «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці»/ Держгірпромнагляд України, НАН України. – К. : [ДУ "ННДПБОП"]. № 31.. – С. 49-53.
3. Дмитруха, Т.І. Підвищення безпеки об'єктів різного призначення в разі руйнування ртутних джерел світла [Текст]: дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук / Т.І. Дмитруха. – К. – 2012.
4. Дмитруха, Т.І. Підвищення ефективності демеркуризації приміщень від ртутних забруднень [Текст] / Т.І. Дмитруха // Проблеми охорони праці в Україні: зб. наук. праць. – 2011. – Вип. 20. – С. 114 – 119.
5. Пат. 41446 Україна, МПК В24С 1/10. Пристрій для термічної демеркуризації з індукційним нагрівачем: Пат. 41446 Україна, МПК В24С 1/10 Повстень В.О., Дмитруха Т.І. (Україна); Національний авіаційний університет; Інститут міського господарства. – № u 2008 14169; Заявл. 09.12.2008; Опубл. 25.05.2009, Бюл. № 10.

6. Пат. 46448 Україна, МПК В24С 1/10. Спосіб термічної демеркуризації: Пат. 46448 Україна, МПК В24С 1/10 Повстеня В.О., Дмитруха Т.І. (Україна); Національний авіаційний університет; Інститут міського господарства. – № u 2009 05969; Заявл. 10.06.2009; Опубл. 25.12.2009, Бюл. № 24.

7. Дмитруха, Т.І. Попередження розповсюдження ртутних забруднень у довкіллі і спосіб та пристрій демеркуризації від них приміщень [Текст] / Т.І. Дмитруха, В.О. Повстеня // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2009. – № 1. – С. 72 – 76.

8. Дмитруха, Т.І. Зменшення ртутної небезпеки приміщень в разі руйнування в них джерел оптичного випромінювання [Текст] / Т.І. Дмитруха // Електроніка та системи управління. – 2010. – № 4. – С. 121 – 124.

9. Повстеня, В.О. Термодифузійна демеркуризація забруднених ртуттю приміщень, предметів і речей [Текст] / В.О. Повстеня, Т.І. Дмитруха // Моделирование в электротехнике, электронике и светотехнике: материалы междунар. научн.-техн. конф. – К.: НАУ, 2005. – С. 71.

Стаття надійшла до редакції 17.11.2016р.

УДК 331.45

DOI: 10.20535/2079-5688.2017.32.87771

О.Г. Левченко, докт. техн. наук, професор, **Ю.О. Полукаров**, канд. техн. наук, доцент, **О.В. Землянська**, ст. викладач (КПІ ім. І. Сікорського)

ПЛАНУВАННЯ ЕКОНОМІЧНО ОБГРУНТОВАНИХ ПРАЦЕОХОРОННИХ ЗАХОДІВ У ЗВАРЮВАЛЬНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

О.Н. Levchenko, Yu.O. Polukarov, O.V. Zemlianska (National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»)

SCHEDULING OF ECONOMICALLY JUSTIFIED MEASURES FOR SAFETY OF LABOUR AT THE WELDING PRODUCTION

З метою забезпечення належного рівня прийняття управлінських рішень у зварювальному виробництві розроблено алгоритм планування економічно обгрунтованих працезохоронних заходів.

Ключові слова: алгоритм; працезохоронні заходи; зварювальне виробництво.

С целью обеспечения надлежащего уровня принятия управленческих решений в сварочном производстве разработан алгоритм планирования экономически обоснованных мероприятий по охране труда.

Ключевые слова: алгоритм; мероприятия по охране труда; сварочное производство.