

АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ



УДК 625.70

- © І.П. Гамеляк, докт. техн. наук, професор,
- © М.М. Дмитрів, докт. техн. наук, професор,
- © А.М. Дмитриченко, канд. техн. наук,
- © Д.В. Волощук (НТУ)

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ БІТУМНИХ БАЗ ТА АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ЗАВОДІВ ТЕПЛОВІЗІЙНИМ МЕТОДОМ

Анотація. Наведено основні принципи та необхідність проведення енергетичного аудиту бітумних баз та асфальтобетонних заводів із метою зменшення витрат енергоресурсів на підготовку органічних в'язучих та приготування асфальтобетонних сумішей. На основі чисельних обстежень виробничих потужностей дорожніх підприємств розроблено методику енергетичного аудиту із застосуванням тепловізійного обладнання.

Ключові слова: автомобільна дорога, асфальтобетонна суміш, асфальтобетонний завод, бітумна база, енергетичний аудит, тепловізійний метод.

Аннотация. Приведены основные принципы и необходимость проведения энергетического аудита битумных баз и асфальтобетонных заводов с целью уменьшения затрат энергоресурсов на подготовку органических вяжущих и приготовление асфальтобетонных смесей. На основании численных обследований производственных мощностей дорожных предприятий разработано методику энергетического аудита с применением тепловизионного оборудования.

Ключевые слова: автомобильная дорога, асфальтобетонная смесь, асфальтобетонный завод, битумная база, энергетический аудит, тепловизионный метод.

Annotation. The article presents the basic principles and the necessity of bitumen bases and asphalt plants energy audition to reduce energy costs during the preparation of organic binders and asphalt mixtures. The methodology of energy audition using thermal imaging equipment based on numerous surveys of road building enterprises.

Key words: road, asphalt mixes, asphalt plant, asphalt base, energy audits, thermal imaging method.

Вступ

Нормування витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві України здійснюється відповідно до Закону України від 01.07.94 р. № 74/94-ВР “Про енергозбереження”. Нормуванню підлягають усі види продукції і робіт та всі витрати паливно-енергетичних ресурсів (далі – ПЕР) на основні та допоміжні виробничі процеси, включаючи неминучі втрати енергії, незалежно від обсягів споживання цих ресурсів та джерел енергопостачання.

Згідно із Законом України від 12.10.2010 № 2519-17 “Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки” енергетика та енергоефективність є одним із шести пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки на період до 2020 року.

Згідно з Постановою КМУ від 07.09.2011 № 942 “Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2015 року” тематичними напрямами визначено: технології ефективного енергозабезпечення будівель і споруд; способи застосування сучасного енергоменеджменту.

Відповідно до наведених документів одними із основних принципів державної політики енергозбереження є пріоритетність вимог енергозбереження при здійсненні господарської, управлінської або іншої діяльності, пов'язаної з видобуванням, переробкою, транспортуванням, зберіганням, виробленням та використанням ПЕР. Діючий Закон України від 01.07.94 р. № 74/94-ВР “Про енергозбереження” є застарілим та потребує внесення змін. У країнах Європи та ближнього зарубіжжя діють закони та нормативні акти, які встановлюють та регулюють норми витрат енергоресурсів, а також уповноважують спеціальні органи здійснювати контроль за споживанням та впровадженням енергоощадних заходів.

Постановка проблеми

Близько 50 % загальної енергоемності будівництва асфальтобетонних покриттів (рис. 1-а) припадає на приготування асфальтобетонних сумішей, з яких близько 90 % – затрати на розігрів та сушіння компонентів суміші (рис. 1-б) [4]. Обстеження існуючих підприємств дорожньої галузі України та дефіцит енергетичних ресурсів свідчать про необхідність удосконалення

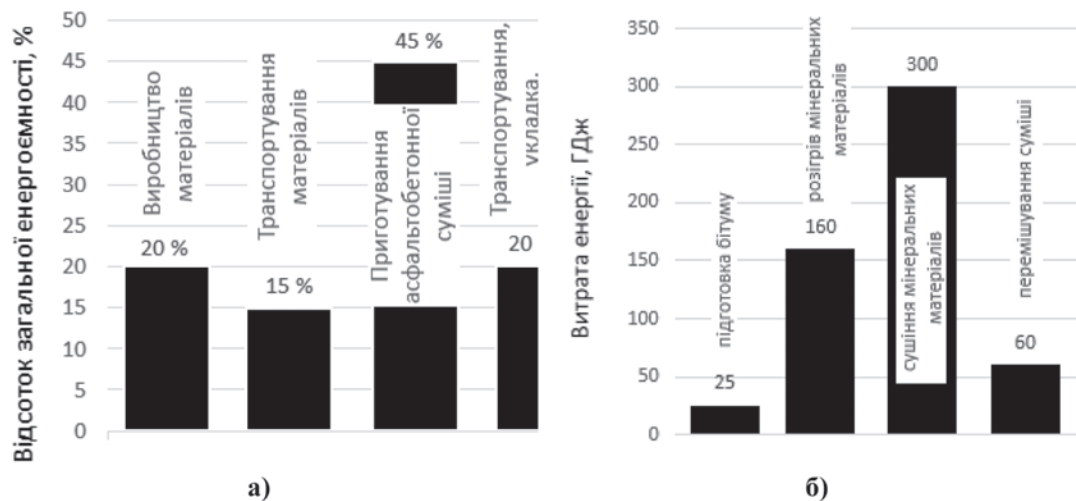


Рис. 1 Загальна енергоємність будівництва асфальтобетонних покриттів та приготування асфальтобетонної суміші: а) будівництва асфальтобетонних покриттів; б) приготування асфальтобетонної суміші

існуючої технології приготування асфальтобетонних сумішей та модернізації виробничих підрозділів. Зниження рівня витрати енергетичних ресурсів на етапі приготування асфальтобетонних сумішей пропорційно зменшують викиди шкідливих речовин у зовнішнє середовище та споживання не відновлюваних природних ресурсів необхідних для нагрівання, сушіння та змішування компонентів суміші.

Метою роботи є удосконалення існуючого тепловізійного методу контролю для визначення тепловтрат на бітумних базах та асфальтобетонних заводах із розробкою методики енергетичного аудиту дорожніх підприємств з використанням тепловізійного обладнання [6].

Метою проведення енергетичного аудиту є сприяння керівництву об'єкта, що споживає паливно-енергетичні ресурси у визначенні стану споживання ПЕР, потенціалу енергозбереження, джерел втрат та обсягу нерационального використання ПЕР виробничими і допоміжними підрозділами, технологічними процесами та окремими підрозділами асфальтобетонних заводів та бітумних баз, у розробці енергоощадних заходів, їх техніко-економічному оцінюванню та оцінюванню їх впливу на навколишнє природне середовище.

Основна частина

Для економного використання енергоресурсів потрібна методика розрахунку щодо впровадження енергоощадних заходів на бітумних базах та асфальтобетонних заводах (далі – АБЗ). Дослідження типових бітумних баз та АБЗ на предмет визначення місць тепловтрат тепловізійним методом дозволяє виконати техніко-економічне обґрунтування технічних рішень направлених на зменшення теплових та енергетичних витрат, та оцінювання впливу енергоощадних заходів на навколишнє природне середовище.

Розроблення типової методики щодо загальних вимог до організації та проведення ЕА підприємств дорожньої галузі (бітумних баз та АБЗ), що споживають ПЕР, охоплює широке коло питань, пов'язаних з організацією проведення енергетичних аудитів об'єктів, що

споживають ПЕР, систем електро-, тепло-, водо-, бітумопостачання, каналізації, опалення, освітлення, вентиляції, підігріву повітря і кондиціювання, постачання стисненого повітря, обліку і контролю споживання енергоносіїв, енергетичного менеджменту, а також визначенням пріоритетності впровадження енергоощадних заходів та оцінкою їх впливу на довкілля.

Залежно від поставлених задач та існуючих потреб енергетичний аудит класифікують за видами: первинний, періодичний, позачерговий, локальний, експрес-аудит, специфічний [7]. Для якісного та цільового проведення енергетичного аудиту виділяють основні етапи:

1. Переддоговірний – передбачає зустріч представника потенційного Виконавця із Замовником, попереднє ознайомлення представника з об'єктом ЕА, відвідування енергоаудиторами об'єкта, що споживає ПЕР, отримання первинної інформації, її аналіз і розробка плану ЕА.

2. Організаційно-підготовчий – передбачає узгодження плану проведення ЕА із Замовником, підписання договору на проведення ЕА, визначення осіб з боку Замовника для участі в проведенні ЕА, підготовка енергоаудиторської групи, формування наказу по об'єкту.

3. Збирання інформації – передбачає ознайомлення з документальною інформацією та проведення вимірювань на об'єкті ЕА. Особливістю підходу, що пропонується є визначення за допомогою тепловізійного обладнання місць тепловтрат на конкретних об'єктах із видачею термограм. Це дозволяє візуально оцінити місця найбільшого витоку енергії та оцінити кількісні значення тепловтрат у локальних місцях.

4. Обробка та аналіз інформації – передбачає виконання аналізу отриманих результатів, оцінювання потенціалу енергозбереження та основних техніко-економічних показників ефективності використання ПЕР, аналізу ефективності функціонування СЕМ.

5. Розробка рекомендацій з енергозбереження – передбачає розроблення та техніко-економічне оціню-



вання ефективності пріоритетного переліку енергоощадних заходів.

6. Складання звіту та висновку – передбачає складання звіту та енергоаудиторського висновку за результатами проведення ЕА.

7. Презентація результатів – передбачає передачу Замовнику звіту та енергоаудиторського висновку, а також проведення презентації Замовнику основних результатів ЕА.

Тепловізійне обстеження – основний метод отримання інформації про реальний стан тепло-ізоляційних конструкцій і ефективності існуючих технічних систем. Тепловізійне обстеження будівельних споруд та обладнання, завдяки своїй оперативності, наочності і достовірності отриманих результатів, зарекомендувало себе як один з основних способів діагностики захисних та ізоляційних конструкцій. При обстеженні основного теплового устаткування (сушильний барабан, бітумні котли та магістралі перекачування бітуму, накопичувальні бункери тощо) з використанням тепловізорів, можна обчислити теплові витоки, отримати термограми устаткування й інфраструктури опалення, відстежити дефекти ізоляційних конструкцій, провести моніторинг, тестування і налагодження режимів горіння котлів, печей та іншого обладнання, виявити аварійні ділянки та елементи, що потребують негайної заміни тощо.

При розробці методики та обстеженні асфальтобетонних заводів використано тепловізор із діапазоном вимірювання температури від мінус 20 °С до 350 °С та спектральним діапазоном інфрачервоної камери від 8 мкм до 14 мкм. Прилад дає можливість проводити тепловий аудит безконтактним неруйнівним методом та візуалізувати температурні поля об'єктів дослідження, визначати місця понаднормових тепловтрат, місця пошкодження ізоляційних конструкцій та місць, що потребують додаткових ізоляційних заходів.

Оскільки в розробленій методиці закладено комплексний підхід до проведення енергетичного аудиту,

разом із безпосереднім тепловізійним обстеження здійснюється збір відомостей про об'єкт аудиту. Інформація збирається на першому етапі та окрім загальних відомостей включає:

- номенклатуру та обсяги виробництва продукції;
- щорічне споживання ПЕР за останні 2-5 років;
- наявність субспоживачів ПЕР;
- наявність обмежень на споживання ПЕР;
- система тарифів на ПЕР, що використовує об'єкт, що споживає ПЕР.

Накопичена інформація потрібна для подальшого аналізу, складання плану енергетичного аудиту та розробці подальших заходів із енергозбереження на об'єкті виробництва. Порядок обстеження бітумних баз та асфальтобетонних заводів із прикладами зведено у **табл. 1**.



На основі узагальнених даних [4, 5] та власних досліджень [6, 9, 10] встановлено, що витрати на технологічні операції із приготування асфальтобетонних сумішей складаються із витрат на нагрів матеріалів, підготовчі операції та перемішування компонентів суміші:

- на розігрів бітуму при зливанні в бітумосховище із бункерного напіввагону місткістю 40 т витрачається близько 220 Мкал (0,92 ГДж), тобто на розігрів та злив 100 т бітуму необхідно витратити 2,5 ГДж, аналогічна кількість енергії витрачається й при повторному нагріванні бітуму під час подачі із сховища в котел;
- для розігріву 1 т щебеню на 1 °С необхідно витратити біля 0,7 МДж. Відповідно, нагрів 1400 т щебеню та піску до температури від 160 °С до 180 °С при приготуванні гарячих асфальтобетонних сумішей споживає 150 – 160 ГДж. Значних енерговитрат потребує сушіння мінеральних матеріалів;
- витрата пального при роботі сушильного барабана складає в середньому 250–500 кг/год, а питома потужність енергодвигунів 110 кВт (при продуктивності 25 – 50 т/год. При продуктивності 100 т/год витрата пального – 1140 кг/год, а потужність електродвигунів – 153 кВт.

Таблиця 1

Порядок і приклади обстеження

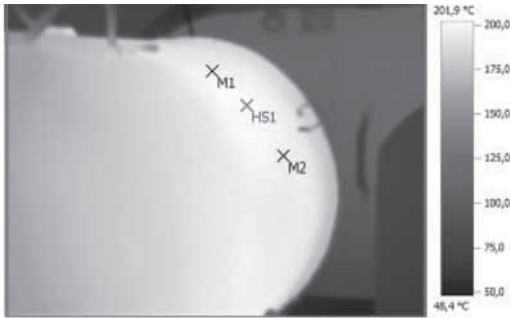
1.	Устаткування для зливу бітуму з бітумовозів, автогудранаторів, залізничних цистерн
2.	Бітумосховища та системи бітумо-, паливо-, теплопроводів, електропостачання, що підходять та виходять із бітумосховища



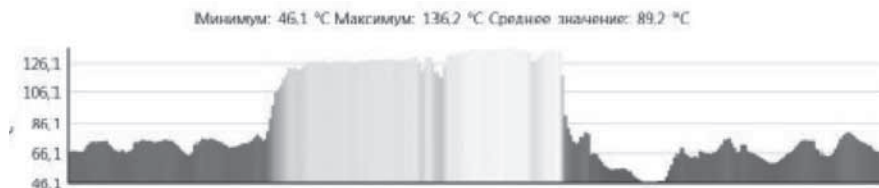
Температура навколишнього середовища 20 °С, середня температура на поверхні насосного обладнання 140 °С, що перевищує потрібну температуру на 600 %.

3. Устаткування для зневоднення та підігріву бітуму до робочої температури та системи бітумо-, паливо-, теплопроводів, електропостачання, що підходять і виходять із нього



Топковий агрегат на поверхні контакту з навколишнім середовищем нагрівається до 200 °С, за відсутності теплоізоляції перевищення температури сягає 900 %, що пропорційно перевитраті та нераціональному використанню енергії.

4. Видаткові ємності для збереження бітуму та системи бітумо-, паливо-, теплопроводів, електропостачання, що підходять та виходять з них

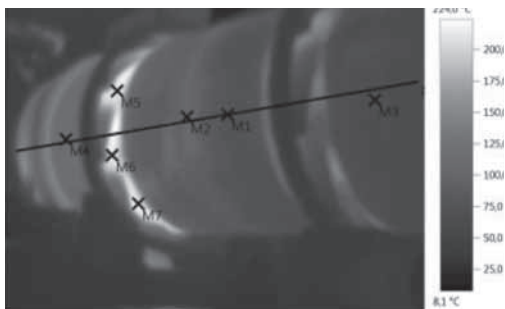


Недостатня теплоізоляція бітумопроводів призводить до перевищення температури на 200 %, а в місцях відсутності та/або її пошкодження більше 500 %. Враховуючи протяжність бітумних магістралей та загальної площі контакту з навколишнім середовищем, результатом є значна перевитрата енергоресурсів.

5. Устаткування для завантаження бітуму в бітумовози, автогудронатори, залізничні цистерни, бітумопроводи до АЗУ

6. Агрегат живлення та системи електропостачання, що підходять-виходять з нього

7. Сушильний агрегат, та системи паливо-, теплопроводів, електропостачання, що підходять та виходять з нього



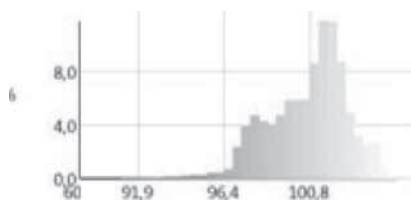
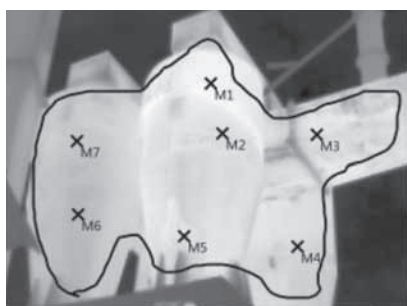


Сушіння та розігрів складових асфальтобетонної суміші один із найенергоємніших етапів приготування АБС. Обстежуваний сушильний барабан застарілого зразка, враховуючи специфіку обладнання та способу розігріву, досягнення повної теплоізоляції досить проблемне. Перевищення температури неізольованих ділянок сягає 400 % порівняно із ізольованими. Сучасні сушильні барабани українського виробництва мають кращу теплоізоляцію та рівень енергозбереження.

8. Пиловіддільне устаткування для сушильного агрегату (перший ступінь очищення – пиловловник), системи паливо-, електропостачання, що підходять-виходять з нього

9. Система переміщення гарячих кам'яних матеріалів (гарячий елеватор) та системи паливо-, електропостачання, що підходять і виходять з нього

10. Система пилеочищення (другий ступінь – блок циклонів та третій ступінь – мокрий пиловловник або рукавний фільтр) та системи паливо-, повітро-, електропостачання, що підходять і виходять з нього

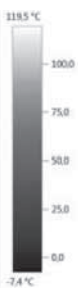


Устаткування для пиловловлювання та відведення відпрацьованих газів не потребує прямих енерговитрат, але залишкова теплова енергія (перевищення $\approx 300\%$) може використовуватись для внутрішньогосподарських потреб, наприклад, розігрів води або часткове повернення у виробничий цикл.

11. Система сортування гарячих кам'яних матеріалів (грохот), система його пилеочищення (газохід від грохоту) та системи паливо-, електропостачання, що підходять і виходять з нього

12. Агрегат мінерального порошку та системи паливо-, повітро-, електропостачання, що підходять і виходять з нього

13. Змішувальний агрегат та системи бітумо-, паливо-, теплопроводів, електропостачання, що підходять і виходять з нього

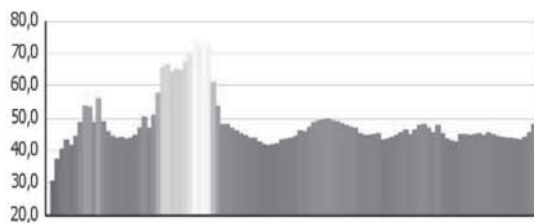


На змішувальних установках старого зразка, що досить широко використовуються в багатьох регіонах України, значні втрати енергії зафіксовано на етапі змішування компонентів суміші в результаті недостатньої ізоляції стінок обладнання, в середньому перевищення температури сягає від 300 % до 350 %.



14. Блок естакад, скіп та системи паливо-, електропостачання, що підходять і виходять з нього

15. Бункер проміжного вивантаження та бункер готової суміші та системи паливо-, електропостачання, що підходять і виходять з них



Аналогічна ситуація і з бункером зберігання готової суміші. Оператор вимушений збільшувати температуру суміші на виході зі змішувальної установки із врахуванням втрат на зберігання та транспортування або ж навпаки, готова суміш подається на завантаження із температурою, що не відповідає нормативній.

• енерговитрати на перемішування 1 т гарячої асфальтобетонної суміші становлять в середньому 1,9 – 2,0 кВт·год при продуктивності установок 25–30 т/год або 4,0–4,5 кВт·год для асфальтозмішувальних установок продуктивністю 40–50 т/год. Таким чином, енерговитрати на перемішування 1 т гарячої асфальтобетонної суміші складають 0,015 – 0,030 ГДж, а на перемішування 1650 т – від 25 ГДж до 50 ГДж.

Висновки

У повному обсязі реалізація енергетичного потенціалу виробництва асфальтобетонної суміші досягається при максимально інтенсивному енергозбереженні.

Сумарні енерговитрати при виробництві асфальтобетонної суміші на АБЗ складаються з витрат на зберігання та підготовку бітуму (в середньому 0,007 ГДж/т), внутрішнього переміщення мінеральних компонентів асфальтобетонної суміші (0,005 ГДж/т), роботу сушильного барабана та газопилоуловлювачів (0,005 ГДж/т), роботу змішувача (4,1 МДж/т) та складають в середньому 0,021 ГДж/т. На приготування 1650 т асфальтобетонної суміші на АБЗ потрібно 57–60 ГДж.

При нинішній ситуації з енергозабезпеченням енерговитрати на асфальтобетонних заводах становлять величину 0,40 гДж/т. Аналіз їх теплоенергетичної системи показав, що існуюче енергозабезпечення неефективне. При використанні мінеральних заповнювачів із рівноважною вологістю й бітуму, вільного від вологи, енерговитрати можна знизити до значення 0,36 гДж/т, що у 1,5 рази перевищує теоретично необхідне значення, (0,24 гДж/т) для одержання асфальтобетонної суміші з мінеральних матеріалів квазірівноважної вологості в 4 % і бітумного в'язучого, вільного від включень води.

Специфіка низки асфальтобетонних підприємств вимагає більш інтенсивного енергозбереження, а отже, й впровадження методології енергоаудиту. Розроблена

методика дає змогу на сучасному науково-технічному рівні оцінювати тепло- та енергоефективність роботи асфальтобетонних заводів і бітумних баз. Розробляти заходи із модернізації існуючих виробничих підприємств дорожньої галузі з метою мінімізувати енерговитрати на приготування асфальтобетонних сумішей.

Впровадження результатів роботи дає змогу зменшити тепло- та енерговитрати на етапі приготування асфальтобетонних сумішей за рахунок реалізації переліку заходів із модернізації існуючих асфальтобетонних заводів і бітумних баз.

Метод тепловізійного обстеження доцільно широко використовувати, як на асфальтобетонному заводі при виробництві та подачі суміші на завантаження, так і безпосередньо при влаштуванні покриття, а саме при його ущільненні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ковальчик Я.П., Гнатів М.Я. Енергетичні затрати при виробництві дорожньо-будівельних матеріалів / Я.П. Ковальчик, М.Я. Гнатів // Автошляховик України. – 1991. – № 2. – С. 24-25.
2. Руденский А.В. Дорожные асфальтобетонные покрытия / А.В. Руденский. – М.: Транспорт, 1992. – 255 с.
3. М 02070915-737:2014 Методика з проведення енергетичного аудиту бітумних баз та асфальтобетонних заводів з використанням тепловізійного обладнання. – К., 2014. – 75 с.
4. Методика проведення енергетичного аудиту закладів освіти. загальні положення. порядок проведення / НТУУ “КПІ” Інститут енергозбереження та енергоменеджменту. – К., 2009. – 75 с.
5. Асфальтобетонные заводы и технологическое оборудование для их оснащения [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.masterbetonov.ru>.
6. Дмитриченко М.Ф., Дмитрієв М.М., Деркачов О.Б. Теплова діагностика (основи теорії та практичні застосування) – К.: Знання України, 2012. – 192 с.
7. Дмитрієв М.М., Гамеляк І.П., Волощук Д.В. Управління якістю асфальтобетонного покриття тепловізійним методом / М.М. Дмитрієв, І.П. Гамеляк, Д.В. Волощук // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – 2014. – Вип. 11.