

УДК 665.73(0.45)

## ВИВЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ РЕЗЕРВУАРІВ ЯК ВИЗНАЧАЛЬНОГО ФАКТОРА ЕМІСІЙ ВУГЛЕВОДНІВ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ НАФТОПРОДУКТІВ

*М. В. Яворська, С. В. Бойченко*, д-р техн. наук, проф.;  
*Л. М. Черняк*, канд. техн. наук, доц.

Національний авіаційний університет  
E-mail: marinajavrska@rambler.ru

*Розглянуто основний фактор, що значно впливає на втрати нафтопродуктів під час зберігання. Проаналізовано фактори, які зумовлюють температурний режим.*

**Ключові слова:** зберігання, бензин, температура, втрати.

*Considered major factors that significantly affect the loss of petroleum products during storage. Factors which determine the temperature.*

**Keywords:** storage, petrol, temperature, losses.

### Вступ

Аналіз праць [1; 3; 5] свідчить, що основним експлуатаційним фактором, який суттєво впливає на походження втрат від випаровування, є температурний режим резервуарів.

Температурний режим зумовлюється потоком сонячної радіації, температурою повітря та її добовою амплітудою.

Ці фактори, у свою чергу, залежать від рельєфу й ландшафту місцевості, а також від висоти над рівнем земної поверхні. Оскільки резервуари для зберігання нафтопродуктів здебільшого розміщують на відкритих горизонтальних ділянках, актинометричні параметри варто обирати для випадку плоскої земної поверхні з невисокою рослинністю або без неї.

Незначні висоти резервуарів дають змогу розглядати та враховувати кліматологічні процеси, що відбуваються тільки на рівні земної поверхні та у приземному шарі атмосфери.

Результати багаторічних вимірювань та спостережень за радіаційними й температурними характеристиками у приземному шарі наведено в курсах кліматології та актинометрії [2; 7; 6]. Однак там немає відомостей про взаємозалежність величин, що визначають температурний режим ємкості.

Промениста енергія Сонця — це основний фактор, який впливає на температурний режим наземних резервуарів. З огляду на це можна зробити висновок, що найголовнішою причиною температурних змін у ГП резервуарів є відмінності між температурою променистої енергії сонця та температурою навколишнього середовища.

Розподіл сонячної енергії по земній поверхні залежить від ряду причин, але значною мірою зумовлюється географічною широтою й змінюється протягом доби та (залежно від пори року) внаслідок зміни кута падіння сонячних променів.

Температура у приземному шарі атмосфери також визначається багатьма факторами, однак вирішальний вплив на неї чинить потік сонячної радіації на рівні земної поверхні.

Унаслідок розсіювання в атмосфері на рівні земної поверхні спостерігається не тільки пряма сонячна радіація у вигляді рівнобіжного пучка променів, що надходять від сонця, а також і розсіяна (дифузійна) радіація, яка випадає від усіх місць небесного склепіння.

### Постановка завдання

**Мета** даної публікації — вивчення температурного режиму, що значно впливає на стан випаровування під час зберігання бензинів.

**Об'єкт** дослідження — випаровуваність нафтопродуктів.

**Предмет** — температурний режим як визначальний фактор емісії вуглеводнів під час зберігання нафтопродуктів.

Виходячи з актуальності даної проблеми, виділено такі завдання для виконання дослідження:

- 1) розглянути основні складові температурного режиму;
- 2) охарактеризувати процес впливу температури на резервуари та нафтопродукти при їх зберіганні;
- 3) проаналізувати вплив температурного режиму на зменшення нафтопродукту в резервуарі.

### Розв'язання завдання

Як було зазначено, втрати нафтопродуктів унаслідок «дихання» резервуарів зумовлені не лише сумарною сонячною радіацією, а також значною мірою температурою навколишнього середовища та її добовою амплітудою. Для різних ділянок земної поверхні на одній і тій самій широті вказані величини визначаються багатьма факторами і можуть змінюватися в широких межах. З метою зменшення втрат від випаровуван-

ня, а також для наукового обґрунтування рекомендацій щодо ефективного застосування тих чи інших засобів їх зменшення необхідно знати закономірності й причини, що викликають такі зміни. Для цього розглянемо процеси і фактори, що впливають на температуру повітря та її добову зміну в приземному шарі атмосфери.

Досягаючи земної поверхні, сонячна радіація частково відбивається від неї, а не відбита частина радіації поглинається земною поверхнею. Тепло, що виділяється за рахунок поглинання, витрачається на нагрівання земної поверхні.

Відомо, що відбиваюча здатність земної поверхні значною мірою залежить від її вологості, змінюється в широких межах, і що найважливіше, її змінює сама людина, а тому разом з альбедо змінюється й уся прибуткова частина радіаційного балансу, тобто температура навколишнього середовища.

У цілому для території України та для кожного конкретного географічного пункту добова амплітуда температури повітря зменшується зі зниженням середньодобової температури навколишнього середовища, хоча для окремих районів країни вона мало залежить від значення температури у приземному шарі. У загальному випадку залежність температури від координат місцевості можна подати просторовою моделлю (рис. 1).

За цією моделлю температура повітря у приземному шарі лінійно зменшується із заходу на схід та з півдня на північ. Зниження температури зі збільшенням східної довготи пояснюється надходженням із заходу теплого атлантичного повітря, а зменшення температури з півдня на

північ зумовлюється як радіаційними факторами, так і проникненням холодного арктичного повітря.

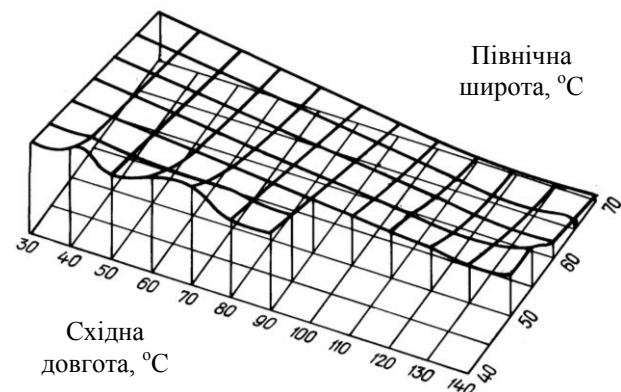


Рис. 1. Просторова модель розподілу середньорічних температур повітря у приземному шарі атмосфери на території України

Унаслідок періодичного впливу сонячної радіації на резервуар його ГП одержує або віддає тепло у зовнішнє середовище крізь стінки, температура яких періодично змінюється. Одночасно відбувається теплообмін між ГП і поверхнею нафтопродукту, між стінками, що обмежують ГП, і нафтопродуктом унаслідок радіації та теплопровідності стінок, а також між нафтопродуктом і зовнішнім середовищем крізь бічні стінки резервуара нижче рівня нафтопродукту.

З метою визначення  $f_{п.п}$  для різних об'ємів резервуарів, ступеня їх заповнення, географічної широти та пори року (розрахункового схилення сонця) було виконано відповідні розрахунки, наведені в таблиці.

#### Вплив ступеня наповнення, місткості резервуарів, географічної широти та пори року на $f_{п.п}$

Найменування об'єкта	Географічна широта, ...°	Місткість резервуара, м <sup>3</sup>	Ступінь наповнення, %	Значення $f_{п.п}$ за місяцями			
				Березень	Червень	Вересень	Грудень
Душанбе	39	1000	25	0,38	0,36	0,38	0,34
			50	0,43	0,45	0,45	0,36
			75	0,52	0,59	0,56	0,39
		5000	25	0,41	0,42	0,42	0,34
			50	0,46	0,51	0,48	0,36
			75	0,55	0,66	0,59	0,41
		50 000	25	0,72	0,81	0,76	0,56
			50	0,72	0,85	0,78	0,53
			75	0,73	0,90	0,80	0,50
Київ	50	1000	25	0,36	0,38	0,38	0,30
			50	0,39	0,45	0,42	0,30
			75	0,45	0,58	0,50	0,30
		5000	25	0,38	0,43	0,40	0,29
			50	0,41	0,50	0,45	0,29
			75	0,47	0,63	0,53	0,29
		50 000	25	0,64	0,79	0,70	0,44
			50	0,62	0,83	0,70	0,40
			75	0,61	0,85	0,70	0,35

Закінчення таблиці

Найменування об'єкта	Географічна широта, ...°	Місткість резервуара, м <sup>3</sup>	Ступінь наповнення, %	Значення $f_{п.п}$ за місяцями			
				Березень	Червень	Вересень	Грудень
Братськ	57	1000	25	0,35	0,38	0,36	0,27
			50	0,36	0,45	0,49	0,26
			75	0,40	0,56	0,46	0,23
		5000	25	0,35	0,42	0,38	0,25
			50	0,37	0,49	0,42	0,25
			75	0,41	0,60	0,48	0,22
		50 000	25	0,57	0,67	0,64	0,35
			50	0,54	0,76	0,63	0,30
			75	0,52	0,80	0,62	0,24

Із таблиці видно, що параметр  $f_{п.п}$  значною мірою залежить від місткості резервуара. Для виявлення ступеня впливу цих параметрів на значення максимальних і мінімальних добових температур у ГП було виконано розрахунки для різних значень параметрів.

Розрахунки виконували за методикою М. М. Константинова [10; 11] для міст Києва, Братська і Душанбе, розташованих у різних географічних і кліматичних умовах, а також для пір року, що характеризуються різним сонячним схиленням.

Оскільки інтегровальним є параметр  $f_{п.п}$ , розрахунки виконані майже для всього діапазону його значень, тобто від 0,2 до 1,0.

За даними розрахунків побудували графіки залежності екстремальних температур від величини  $f_{п.п}$  (рис. 2).

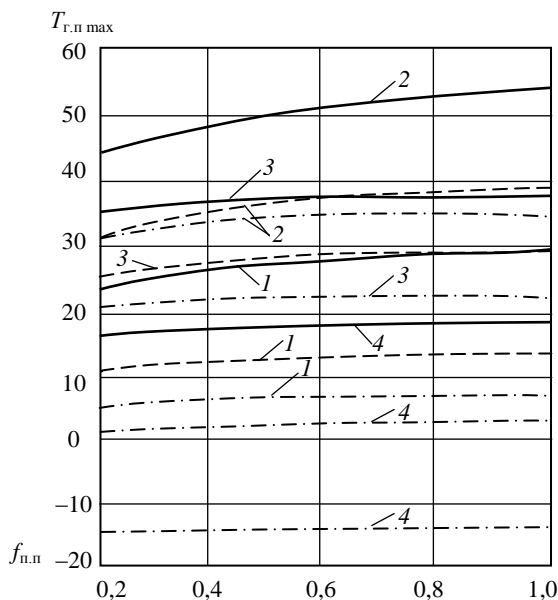


Рис. 2. Залежність екстремальних температур від коефіцієнта  $f_{п.п}$  за місяцями:

1 — березень; 2 — червень; 3 — вересень; 4 — грудень;  
 — Душанбе; - - - - - Київ; - · - · - Братськ

Отримані результати свідчать, що значення параметра  $f_{п.п}$ , який характеризує ступінь заповнення, форму та місткість резервуарів, пору року й географічну широту, та інші подібні умови, впливає на значення максимальних і мінімальних температур у ГП.

Ці температури значною мірою зумовлюються температурою повітря у приземному шарі та значенням потоку сумарної сонячної радіації на рівні земної поверхні.

Слід зазначити, що світлова орієнтація резервуара, від якої залежить кількість одержуваного ним тепла, позначається тільки на величині поглиненої цієї поверхнею прямої сонячної радіації.

Результати проведених досліджень (рис. 2) дозволяють значення  $f_{п.п}$  брати приблизно однаковим (для розрахунків техніко-економічного характеру).

З рис. 2 видно, що для визначення екстремальних добових температур  $f_{п.п} = 0,6$ , що не вплине на результати розрахунків, але значно їх спростить.

Для виявлення залежності екстремальних добових температур у ГП металевих резервуарів від середньодобової температури у приземному шарі було виконано розрахунки зазначених температур для широкого діапазону вихідних даних.

Щоб урахувати вплив різних поєднань географічних і актинометричних характеристик, для розрахунку використовували дані населених пунктів, розташованих у різних географічних і кліматичних умовах для середньорічних даних, а також для березня, червня, вересня та грудня.

Вихідні значення географічних і актинометричних величин (тривалість дня, розрахункове схилення сонця, потік сонячної радіації, середньодобова температура повітря) приймали як середні арифметичні для відповідних пор року.

Результати розрахунків показано на рис. 3.

Коефіцієнт кореляції, обчислений способом сум, становить 0,953.

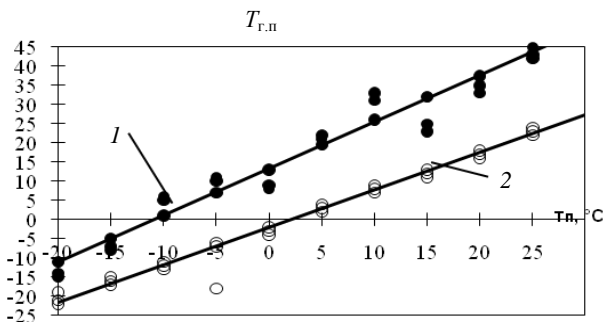


Рис. 3. Залежність екстремальних добових температур у газовому просторі резервуарів від середньодобової температури повітря:

- 1 — максимальна температура;  
2 — мінімальна температура

У результаті статистичної обробки отримано значення середньоквадратичного відхилення

$$y_x = \pm 0,77 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad y_y = \pm 0,93 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$M_x = 4,22 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad M_y = 16,86 \text{ } ^\circ\text{C},$$

коефіцієнта варіації —  $\pm 5,5 \%$ , показник точності  $P = 0,57 \%$ .

Визначаючи температуру у ГП резервуара в будь-який час доби, припускаємо наближену схему її добових змін:

1. У момент сходу сонця температура у ГП мінімальна, а в момент заходу дорівнює середньодобовій температурі цього простору.

2. Зміна температури в інтервалах між моментами сходу і заходу сонця має синусоїдний характер (рис. 4).

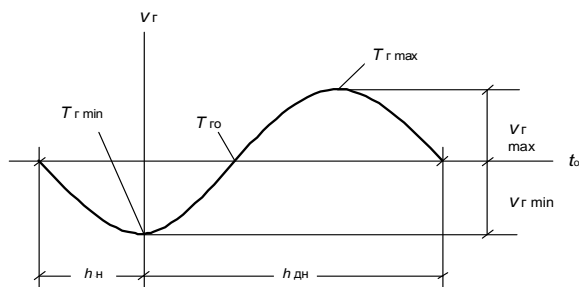


Рис. 4. Розрахунковий графік зміни температури в газовому просторі резервуара

Така схема коливань температури дуже наближена до звичайного характеру її зміни за відсутності циклонічних процесів та за стабільного хмарного покриву небесного склепіння.

Для порівняння значень температури у ГП з фактичними було використано результати В. Б. Галєєва [3], отримані під час дослідження екстремальних добових значень об'ємної концентрації пари нафтопродукту у сталевому вертикальному резервуарі типу РВС-5000.

Результати експерименту показують, що протягом зазначеного часу в однаковий час доби температури як нафтопродукту, так і ГП мали майже однакові значення, тому доцільно припускати середньодобову температуру повітря протягом цих днів однаковою і такою, що дорівнює середньоарифметичному значенню фактичних температур за цей період. Таким чином, температура повітря у період з 29 серпня по 02 вересня становила  $17,1 \text{ } ^\circ\text{C}$ , а 07 вересня —  $14,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Для географічних координат м. Уфи, де проводився цей експеримент, і пори року, коли проводились дослідження, схід сонця спостерігався о 5 год 30 хв, а захід — о 19 год 30 хв, тобто тривалість дня  $h_{дн}$  становила 14 год.

З рис. 5 видно, що отримані дані підтвердили розрахунковий графік добового ходу температури у ГП. Деяко більшу добову амплітуду коливань температури порівняно з розрахунковою можна пояснити тим, що розрахункові формули були отримані для середніх умов хмарності, у той час як експериментальні значення відповідають ясним дням.

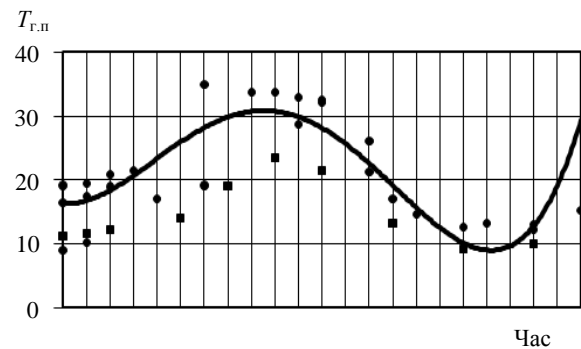


Рис. 5. Зміна температури газового простору резервуара протягом доби

## Висновок

На основі опрацьованих літературних джерел визначено, що основним експлуатаційним фактором, що суттєво впливає на походження втрат від випаровування, є температурний режим резервуарів. Він викликаний потоком сонячної радіації, температурою повітря та її добовою амплітудою. Ці фактори, у свою чергу, залежать від рельєфу й ландшафту місцевості, а також від висоти над рівнем земної поверхні.

Оскільки резервуари для зберігання нафтопродуктів здебільшого розміщують на відкритих горизонтальних ділянках, актинометричні параметри варто обирати для випадку плоскої земної поверхні з невисокою рослинністю або без неї.

Дослідження показали, що втрати нафтопродуктів унаслідок «дихання» резервуарів зумовлені не лише сумарною сонячною радіацією, а

також значною мірою температурою навколишнього середовища та її добовою амплітудою. Для різних ділянок земної поверхні на одній і тій самій широті вказані величини визначаються багатьма факторами і можуть змінюватися в широких межах.

З метою зменшення втрат від випаровування, а також для наукового обґрунтування рекомендацій щодо ефективного застосування тих чи інших засобів їх зменшення необхідно знати закономірності й причини, що викликають такі зміни.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. *Константинов Н. Н.* Борьба с потерями от испарения нефти и нефтепродуктов / Н. Н. Константинов — М.: Гостоптехиздат, 1961. — 260 с.
2. *Ліпінський В. М.* Клімат України / В. М. Ліпінський, В. А. Дячук, В. М. Бабіченко. — К.: Наук. думка, 2003. — 342 с.
3. *Бударов В. П.* Потери от испарения моторных топлив при хранении / В. П. Бударов. — М.: РИО ВНИИСТ Главгаза СССР, 1961. — 139 с.
4. *Іванов С. В.* Технології запобігання природним втратам нафтових палив / С. В. Іванов, С. В. Бойченко, І. В. Григоренко // Вопросы химии и химической технологии. — 2001. — № 6. — С. 133–142.
5. *Абузова Ф. Ф.* Борьба с потерями нефти и нефтепродуктов при их транспортировке и хранении / Ф. Ф. Абузова. — М.: Недра, 1981. — 248 с.
6. *Трофимова И. В.* Статистическая интерпретация причин современных изменений термического режима земли и региональных климатических условий Украины / И. В. Трофимова. — К.: Наук. думка, 1990. — 151 с.
7. *Кондратьев К. Я.* Атинометрия / К. Я. Кондратьев. — Л.: Гидрометеоздат, 1975. — 584 с.
8. *Романенко В. Н.* Книга для начинающего исследователя-химика / В. Н. Романенко, А. Г. Орлов, Г. В. Никитина. — Л.: Химия, 1987. — 280 с.
9. *Яковлев В. С.* Хранение нефтепродуктов. Проблема защиты окружающей среды / В. С. Яковлев. — М.: Химия, 1987. — 150 с.
10. *Бойченко С. В.* Вибір засобу запобігання втратам палив від випаровування / С. В. Бойченко, Л. М. Черняк // Вісник НАУ. — 2004. — № 2. — С. 111–114.
11. Property-composition relationships for diesel and kerosene fuels / D. J. Cookson, J. L. Latten, I. M. Swaft, B. E. Smith // Fuel. — 1985. — Vol. 64, April. — P. 509–519.

Стаття надійшла до редакції 18.02.13.