УДК 698.631.2:631.8
DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.261119.48.587

ОЦІНОЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РЕЗЕРВУАРІВ ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ РІДКИХ ДОБРИВ

КОЛЕСНИК І. О.[1], *к. т. н.,*
КИСЛИЦЯ Л. В.[2*], *к. т. н., доц.,*
КАПШУК О. А.[3], *к. т. н., доц.,*
КИРНОС К. А.[4] *к. т. н., доц.,*
БОНДАР Д. В.[5] *студ.*

[1] Кафедра опалення, вентиляції і якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна e-mail: innavlada93@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5852-2392
[2*] Кафедра технології будівельного виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (097) 78-031-78, e-mail: lina_kalnysh@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4563-2530
[3] Кафедра технології будівельного виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (097) 366-20-64, e-mail: boal23@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0701-2720
[4] Кафедра цивільної інженерії, технологій будівництва і захисту довкілля, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, вул. Сергія Єфремова, 25, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (067) 635-36-02, e-mail: kat140379@gmail.com, ORCID ID: 0000-00001-6410-5264
[5] Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (097) 218-52-41, e-mail: supernatural1010@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8519-2512

Анотація. ***Постановка проблеми.*** Аналіз ринку сільськогосподарської продукції показує, що збільшення цін на продукцію сільського господарства спричинює підвищення рентабельності діяльності сільськогосподарських виробників. Для більшої ефективності сільського господарства взастосовуються прогресивні способи обробки землі, інноваційні технології, новітня техніка, добрива і засоби захисту рослин. У зв'язку з цим останнім часом спостерігається підвищений інтерес з боку сільськогосподарських виробників до використання рідких мінеральних добрив, зокрема, карбамідно-аміачних сумішей. У радянський час в Україні майже в кожнім районі був склад рідких мінеральних добрив. Переваги рідких мінеральних добрив очевидні: вони технологічні і мають більш високий відсоток засвоюваності порівняно із сухими мінеральними добривами, вартість зберігання удвічі менша, ніж твердих азотних добрив, порівняної з безводним аміаком – у сім разів, а значить, і більша віддача на витрачені кошти. ***Мета досліджень*** – за при заданої товщини утеплювача (пінополіуретан, пінопласт) визначити сумарний термічний опір $R_{\Sigma пр}$ резервуарів, призначених для збереження рідких мінеральних добрив, температури його внутрішньої поверхні $\tau_в$ та питомого теплового потоку q у зимовий період року згідно з вимогами державних стандартів і санітарних правил. ***Методика.*** Аналіз проведених обчислень теплотехнічних показників резервуарів для рідких мінеральних добрив та статистичну обробку отриманих результатів (із візуалізацією) проведено з використанням програмного комплексу EXCEL. ***Результати.*** На основі теоретичних досліджень отримано залежності зміни температури внутрішньої поверхні резервуарів та виконано оціночні розрахунки, що дозволяють прогнозувати температуру рідких мінеральних добрив у холодний період року. ***Висновок.*** Оптимальна товщина утеплювача як для пінополіуретану, так і для пінопласту – 0,15 м. Подальше кількісне збільшення товщини утеплювача не дає якісного підвищення температури рідких мінеральних добрив.

Ключові слова: *резервуари; рідкі мінеральні добрива; теплотехнічні показники, утеплення*

ОЦЕНОЧНЫЙ РАСЧЕТ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ

КОЛЕСНИК И. А.[1], *к. т. н.,*
КИСЛИЦА Л. В.[2*], *к. т. н., доц.,*
КАПШУК О. А.[3], *к. т. н., доц.,*
КИРНОС Е. А.[5] *к. т. н., доц.,*

БОНДАРЬ Д. В.[4], *студ.*

[1] Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение «Приднипровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, e-mail: innavlada93@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5852-2392
[2*] Кафедра технологии строительного производства, Государственное высшее учебное заведение «Приднипровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (097) 78-031-78, e-mail: lina_kalnysh@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4563-2530
[3] Кафедра технологии строительного производства, Государственное высшее учебное заведение «Приднипровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (097) 366-20-64, e-mail: boal23@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0701-2720
[4] Кафедра гражданской инженерии, технологий строительства и защиты окружающей среды, Днипровский государственный аграрно-экономический университет, ул. Сергея Ефремова, 25, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (067) 635-36-02, e-mail: kat140379@gmail.com, ORCID ID: 0000-00001-6410-5264
[5] Государственное высшее учебное заведение «Приднипровская государственная академия строительства и архитектуры» ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (097) 218-52-41, e-mail: supernatural1010@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8519-2512

Аннотация. ***Постановка проблемы.*** Анализ рынка сельскохозяйственной продукции показывает, что увеличение цен на продукцию сельского хозяйства ведет к повышению рентабельности деятельности сельскохозяйственных производителей. Для большей эффективности сельского хозяйства используются прогрессивные способы обработки земли, инновационные технологии, новейшая техника, удобрения и средства защиты растений. В связи с этим в последнее время наблюдается повышенный интерес со стороны сельскохозяйственных производителей к использованию жидких минеральных удобрений, в частности карбамидно-аммиачных смесей. В советское время в Украине почти в каждом районе имелся склад жидких минеральных удобрений. Преимущества жидких минеральных удобрений очевидны: они технологичны и имеют более высокий процент усвояемости по сравнению с сухими минеральными удобрениями, стоимость хранения в два раза меньше, чем твердых азотных удобрений, по сравнению с безводным аммиаком – в семь раз, а значит, и большая отдача на потраченные средства. ***Цель исследований*** – при заданной толщине утеплителя (пенополиуретан, пенопласт) определить суммарное термическое сопротивление $R_{\Sigma пр}$ резервуаров, предназначенных для хранения жидких минеральных удобрений, температуры его внутренней поверхности $\tau_в$ и удельного теплового потока q в зимний период в соответствии с требованиями государственных стандартов и санитарных правил. ***Методика.*** Анализ проведенных вычислений теплотехнических показателей резервуаров для жидких удобрений и статистическая обработка полученных результатов (с визуализацией) выполнены с использованием программного комплекса EXCEL. ***Результаты.*** На основе теоретических исследований получены зависимости изменения температуры внутренней поверхности резервуаров и выполнены оценочные расчеты, позволяющие прогнозировать температуру жидких минеральных удобрений в холодный период года. ***Вывод.*** Оптимальная толщинай утеплителя как для пенополиуретана, так и для пенопласта − 0,15 м. Дальнейшее количественное увеличение толщины утеплителя не дает качественного повышения температуры жидких минеральных удобрений.

Ключевые слова: *резервуары; жидкие минеральные удобрения; теплотехнические показатели; утепление*

ESTIMATED CALCULATION OF THERMOSKICHESKIY INDICATORS OF RESERVOIR FOR LIQUID FERTILIZER STORAGE

KOLIESNYK I.O.[1], *Cand. Sc. (Tech.),*
KYSLYTSIA L.V.[2*], *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.,*
KAPSHUK O.A.[3], *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.,*
KYRNOS K.A.[4] *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.,*
BONDAR D.V.[5], *Stud.*

[1] Department of Singeing, Ventilation, and Quality Repeated Means, State Higher Educational Institution “Prydniprovsk State Academy of Construction and Architecture», 24-a, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, e-mail: innavlada93@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4563-2530
[2*] Department of Technology of Building Production, State Higher Educational Institution “Prydniprovsk State Academy of Construction and Architecture», 24-a, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (097) 78-031-78, e-mail: lina_kalnysh@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4563-2530
[3] Department of Technology of Building Production, State Higher Educational Institution “Prydniprovsk State Academy of Construction and Architecture», 24-a, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (097) 366-20-64, e-mail: boal23@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0701-2720

[4] Department of Civil Engineering, Building Technologies and Environmental Protection, Dnipro State Agrarian and Economic University, 25, Serhii Efremov St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (067) 635-36-02, e-mail: kat140379@gmail.com, ORCID ID: 0000-00001-6410-5264
[5] State Higher Educational Institution "Prydniprovsk State Academy of Construction and Architecture», 24-a, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (097) 218-52-41, e-mail: supernatural1010@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8519-2512

Abstract. ***Problem statement.*** Analysis of the market of agricultural products shows that the increase in prices for agricultural products leads to an increase in the profitability of agricultural producers. For greater efficiency of agriculture, progressive methods of land cultivation, innovative technologies, the latest technology, fertilizers and plant protection products are used. In this regard, recently there has been increased interest on the part of agricultural producers to the use of liquid mineral fertilizers, in particular urea-ammonia mixtures. In Soviet times in Ukraine, almost every district had a warehouse of liquid mineral fertilizers. The advantages of liquid fertilizers are obvious: they are technological and have a higher percentage of digestibility compared to dry fertilizers, the cost of storage is two times less than solid nitrogen fertilizers, compared to anhydrous ammonia − seven times, and therefore more return on the money spent. ***The purpose of article*** for a given thickness of the insulation (polyurethane foam, foam) to determine the total thermal resistance $R_{\Sigma пр}$ tanks intended for storage of liquid fertilizers, the temperature of its inner surface τb and specific heat flux q in winter in accordance with the requirements of state standards and sanitary regulations. ***Method.*** Analysis of the calculations of thermal performance tanks for liquid fertilizers and statistical processing of the results (with visualization) was carried out using the software package EXCEL. ***Results.*** On the basis of theoretical researches dependences of change of temperature of an internal surface of tanks are received and the estimated calculations allowing to predict temperature of liquid mineral fertilizers in a cold period of year are executed. ***Conclusion.*** The optimal thickness of the insulation for both polyurethane foam and foam is 0,15 m. Further quantitative increase in the thickness of the insulation does not give a qualitative increase in the temperature of liquid mineral fertilizers.

Keywords: *reservoirs; liquid mineral fertilizers; heat engineering indicators, insulation*

Вступ. Наразі бази для збереження рідких мінеральних добрив (РМД) затребувані на ринку резервуаробудівництва [1]. Пов'язано це зі зростаючою популярністю серед аграріїв використання карбамідно – аміачних сумішей (КАС). КАС вирізняються якісними і кількісними позитивними властивостями в дії порівняно з іншими формами добрив. Цей вид добрив має низку переваг, які й роблять їх найбільш популярними серед українських аграріїв.

Порівняно із сухими добривами, КАС мають високу ефективність застосування в будь-яких кліматичних зонах, швидко проникають у грунт, їх можна вносити на різних стадіях вегетації та ін. Неухильне зростання споживання КАС, у першу чергу, зумовлене підвищенням культури землеробства, низькою технологічною вартістю азоту і вищезазначеними перевагами.

Потреби в добривах – сезонне явище, при цьому обсяги використання значні, через що виробництво такого роду добрив відбувається цілий рік. Природно, що за такого зростання споживання рідких мінеральних добрив виникає питання їх зберігання. Запаси сировини заводи-виробники тримають на спеціальних базах, призначених для зберігання рідких мінеральних добрив (рис. 1).

Ціна КАС визначається ринковим попитом і схильна до сезонних коливань. Враховуючи, що розчини КАС можна використовувати для внесення як позакореневого підживлення рослин, для аграріїв актуальним постає питання придбати добрива за привабливою ціною, коли попит на них найменший, а саме – в міжсезонний період.

При цьому варто враховувати, що рідкі добрива вимагають наявності бази для їх збереження, а також спеціальної техніки для внесення і перевезення. Виконання цих умов – три складові успіху для сучасного аграрія, але в нас, на жаль, не всі умови виконуються. Ті, хто сьогодні працює з РМД, – щасливі власники старих, збережених із радянських часів баз.

Слід зазначити, що до добрив такого роду пред'являються дуже високі вимоги згідно з державними будівельними нормами [2], як до техніки безпеки збереження і їх транспортування, особливо в зимовий час

[3]. У цій ситуації закономірно перед підприємствами, що займаються виробництвом, збереженням і відпусканням добрив, постає питання реконструкції існуючих складів РМД [1].

Рис. 1. Загальний вигляд бази для зберігання рідких мінеральних добрив /
Fig. 1. General view of the base for storage of liquid mineral fertilizers

До складу рідких мінеральних добрив входять вода та мінерали. За низьких температура вода замерзає і це може спричинити кристалізацію продукту, який зберігається. Для стабільного, якісного і безпечного збереження рідких мінеральних добрив необхідно забезпечити температуру, яка запобігає процесу кристалізації. Цього можна досягти за допомогою ізоляції резервуарів, з огляду на те, що КАС-32 кристалізується за 0 °С, тоді як КАС-30 – за -9 °С, а КАС-28 – за -17 °С.

Теплоізоляція резервуарів може бути виконана за допомогою нанесення на них спеціального поліуретанового покриття або пінопласту – наразі ці одні з найпоширеніших ізоляційних полімерних матеріалів знайшли застосування практично у всіх галузях промисловості. Їх безперечні переваги перед іншими теплоізоляційними матеріалами – низький коефіцієнт теплопровідності, простота і зручність монтажу.

Ґрунтуючись на методиках [4; 5] та попередніх дослідженнях [6] для Придніпровського регіону автори виконали теплотехнічні розрахунки опору теплопередачі, температури внутрішньої поверхні та питомого теплового потоку існуючих резервуарів, які утеплені пінополіуретаном та пінопластом залежно від їх товщини.

Оскільки виконувався оціночний розрахунок, маємо припущення, що температура внутрішньої поверхні резервуара прирівнюється до температури рідких мінеральних добрив.

Для утеплення резервуарів РМД розглядали два види утеплювачів: пінополіуретан та пінопласт.

Завдяки конструктивним особливостям таких резервуарів, при утепленні пінопластом утворюється повітряний прошарок, товщина якого дорівнює товщині ребра жорсткості, що виступає над поверхнею конструкції резервуару. А завдяки наявності повітряного прошарку маємо підвищення опору теплопередачі для розглянутих конструкцій. Його величина складає 0,14 $м^2 \cdot К/Вт$.

Застосування в зовнішніх огородженнях повітряних прошарків незначної товщини помітно поліпшує теплотехнічні властивості таких стін порівняно із суцільними стінами тієї ж товщини. Усе це говорить про те, що передача теплоти повітряними прошарками відбувається інакше, ніж у тілах твердих і

сипких. У твердому матеріалі передача теплоти відбувається тільки теплопровідністю, у повітряному прошарку до цього приєднується ще передача теплоти конвекцією і випромінюванням.

Опір теплопередачі огородження виражається різницею температур повітря з одного і з іншого боку огородження, за якої тепловий потік через 1 м^2 огородження дорівнює 1 Вт.

Чим більша $R_{\sum пр}$, тим більшою повинна бути різниця температур повітря з одного і з іншого боку огородження, щоб створити тепловий потік через нього, рівний 1 Вт/м^2. Отже, $R_{\sum пр}$ – це величина, яка оцінює теплозахисні властивості огородження.

Тому визначаємо сумарний зведений опір теплопередачі $R_{\sum пр}$, $м^2 \cdot К/Вт$ термічно однорідної непрозорої огороджувальної конструкції за формулою:

$$R_{\sum пр} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_{i_Р}} + \frac{1}{\alpha_з}, \; м^2 \cdot К/Вт, \quad (1)$$

де:

$\alpha_в$, $\alpha_з$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огороджувальної конструкції, $Вт/м^2 \cdot К$, які приймаємо згідно з [7];

δ_i – товщина *i*-го шару конструкції, м;

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу *i*-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, $Вт/м \cdot К$.

Для оцінювання теплотехнічних якостей резервуара необхідно знати не тільки величину його опору теплопередачі, а також температури в будь-якій його площині за заданих значень температур повітря з одного і з іншого боку огородження. Особливо велике значення для теплотехнічної оцінки резервуара має температура на його внутрішній поверхні, тому що вона визначає в нашому випадку можливість збереження рідких мінеральних добрив у зимовий період.

Розрахунок температури в огородженні виконується на підставі таких припущень.

Кількість теплоти, що проходить за 1 с через 1 м^2 огородження:

$$Q = \frac{t_в - t_з}{R_{\Sigma пр}}, \quad (2)$$

де $t_в - t_з$ – різниця температур внутрішнього і зовнішнього повітря, °С.

Кількість теплоти, яку сприймає 1 м^2 внутрішньої поверхні огородження за 1 с:

$$Q_в = \alpha_в (t_в - \tau_в) = \frac{t_в - \tau_в}{R_в}, \quad (3)$$

де $\tau_в$ – температура внутрішньої поверхні огородження, °С.

В умовах стаціонарного теплового потоку величина Q повинна дорівнювати величині $Q_в$, отже, з останніх двох рівнянь (а) і (б) одержимо температуру внутрішньої поверхні резервуару $\tau_в$:

$$\tau_в = t_в - \frac{(t_в - t_з)}{R_{\sum пр}} \cdot R_в, \; ºС \quad (4)$$

де:

$t_з$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для кліматичних умов;

$t_в$ – мінімально можлива температура рідких мінеральних добрив;

$R_в$ – опір теплопередачі внутрішньої поверхні огорожі, $м^2 \cdot К/Вт$.

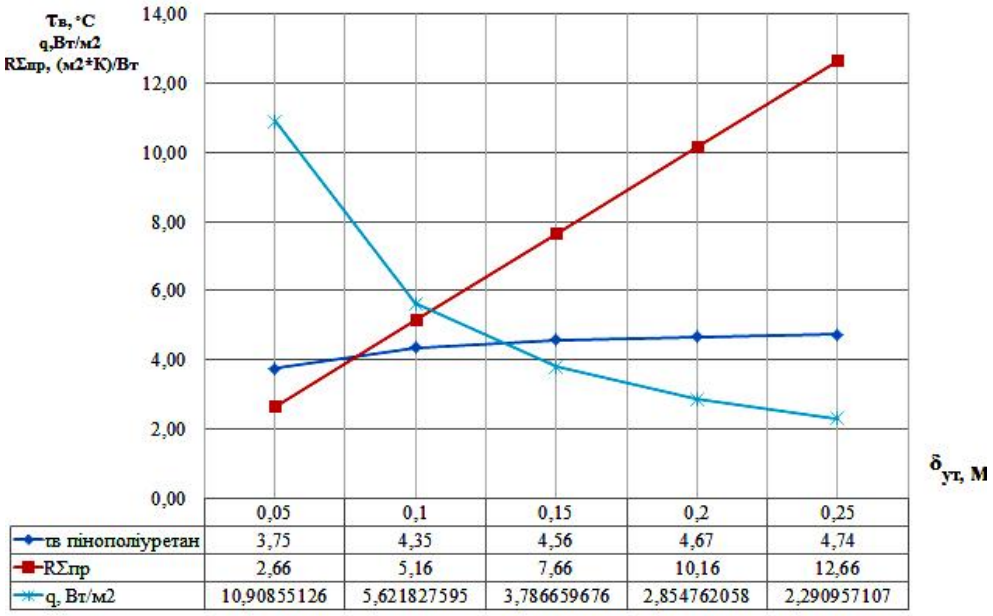
Питомий тепловий потік q, $Вт/м^2$ знаходимо залежно від опору теплопередачі та різниці внутрішньої та зовнішньої температур повітря використовуючи формулу:

$$q = \frac{1}{R_{\Sigma пр}} \cdot (t_в - t_з), \; Вт/м^2. \quad (5)$$

На основі теоретичних досліджень отримано залежності зміни температури внутрішньої поверхні резервуарів та виконано оціночні розрахунки, що дозволяють прогнозувати температуру рідких мінеральних добрив у холодний період року.

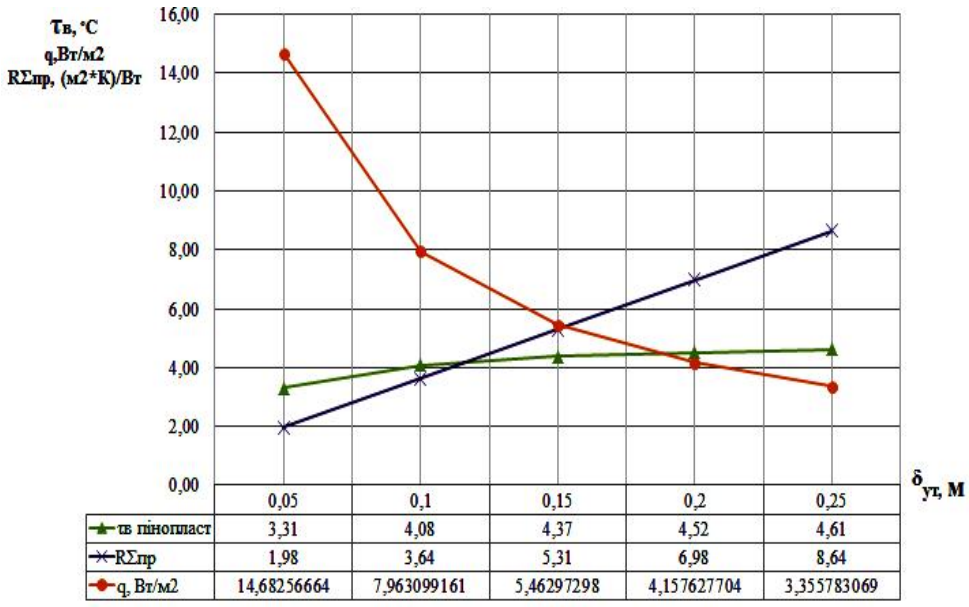
Залежності температур внутрішньої поверхні $\tau_в$, сумарного зведеного опору

теплопередачі $R_{\sum пр}$ та питомого теплового потоку q, від товщини двох видів утеплювача (пінополіуретан та пінопласт) показанії на рисунках 2 та 3 відповідно.



	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
тв пінополіуретан	3,75	4,35	4,56	4,67	4,74
RΣпр	2,66	5,16	7,66	10,16	12,66
q, Вт/м2	10,90855126	5,621827595	3,786659676	2,854762058	2,290957107

Рис. 2. Залежність температури внутрішньої поверхні $\tau_в$, сумарного зведеного опору теплопередачі $R_{\sum пр}$ та питомого теплового потоку q від товщини утеплювача (пінополіуретан) / Fig. 2. Depending on the internal space τv, the total reduced resistance of heat transfer $R_{\sum пр}$ and the specific heat flux q, on the thickness of the insulation (polyurethane foam)



	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
тв пінопласт	3,31	4,08	4,37	4,52	4,61
RΣпр	1,98	3,64	5,31	6,98	8,64
q, Вт/м2	14,68256664	7,963099161	5,46297298	4,157627704	3,355783069

Рис. 3. Залежність температури внутрішньої поверхні $\tau_в$, сумарного зведеного опору теплопередачі $R_{\sum пр}$ та питомого теплового потоку q від товщини утеплювача (пінопласт) / Fig. 3. The dependence of the temperature of the inner surface $\tau_в$, the total reduced resistance of heat transfer $R_{\sum пр}$ and the specific heat flux q, on the thickness of the insulation (foam)

Висновки. Аналізуючи отримані залежності, наведені на рисунках 1 та 2, можна зробити висновок, що оптимальна товщина утеплювача як для пінополіуретану, так і для пінопласту складає 0,15 м. Подальше кількісне збільшення товщини утеплювача не дає якісного підвищення температури рідких мінеральних добрив КАС-32, КАС-30 і КАС-28.

У подальшому планується виконати дослідження динаміки температур добрив з урахуванням кліматичних умов регіону під час тривалого зберігання та порівняння вартості проведення робіт з утеплення резервуарів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Казьмина И. Склад минеральных удобрений. Хранение КАС-32 [Электронный ресурс] / И. Казьмина. – Режим доступа: http://rezervuary.com/cp10010-sklad-mineralnyh-udobrenij-hranenie-kas-32.html
2. ДБН В.2.2-7-98 Будівлі і споруди. Будівлі і споруди для зберігання мінеральних добрив та засобів захисту рослин. Зміна №1. − Київ : Держбуд України, Інститут «УкрНДІагропроект», 1998. – 86 с.
3. Санітарні правила по зберіганню, транспортуванню і застосуванню мінеральних добрив у сільському господарстві : СП 1049-73. [Чинний від 13.04.73]. – Москва : МОЗ СРСР, 1973. – № 1079-73. – 10с.
4. Фокин К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий : монография / К. Ф. Фокин. Под ред. Ю. А. Табунщикова, В. Г. Гагарина. – 5-е изд., пересмотр. – Москва : АВОК-ПРЕСС, 2006. – 256 с.
5. Теплоустойчивость зданий в экосистеме «Окружающая среда – здание – человек» (Аварийно-дефицитные тепловые режимы, гелио- и ветровые аспекты) : монография / [М. П. Данилов, И. Л. Ветвицкий, Л. Г. Чесанов, И. А. Колесник]. – Днепропетровск : Полиграфист, 2005. – 205 с.
6. Ветвицкий И. Л. К вопросу о рекомендациях по утеплению резервуаров для хранения жидких удобрений / И. Л. Ветвицкий, К. Б. Дикарев, Л. В. Кислица, И. А. Колесник // Актуальні питання сучасної аграрної науки : матер. Міжнар. наук.-практ. конф. (15–16 листопада 2013 р.) – Київ : ЗАТ «НІЧЛАВА», 2013. − С. 146−147.
7. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. − Київ : ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», 2017. – 31 с.

REFERENCES

1. Kazmina I. *Sklad mineral'nykh udobreniy. Khraneniye KAS-32* [Mineral fertilizer warehouse. Storage of CAS-32]. [Electronic resource]. (in Russian).
2. *DBN V.2.2-7-98. Budivli i sporudy. Budivli i sporudy dlya zberihannya mineral□nykh dobryv ta zasobiv zakhystu roslyn. Zmina №1* [DBN B.2.2-7-98 Buildings and Structures. Buildings and structures for storage of mineral fertilizers and plant protection products. Change № 1]. Kyiv : State Building of Ukraine, Institute "UkrNDIagroproekt", 1998, 86 p. (in Ukrainian).
3. *Sanitarni pravyla po zberihannyu, transportuvannyu i zastosuvannyu mineral□nykh dobryv u sil□s□komu hospodarstvi: SP 1049-73.* [Sanitary rules for the storage, transportation and use of mineral fertilizers in agriculture: SP 1049-73]. Valid from 04/13/73]. No. 1079-73, Moscow : Ministry of Health of the USSR, 1973, 10 p. (in Ukrainian).
4. Fokin K.F. *Stroitel'naya teplotekhnika ograzhdayushchikh chastey zdaniy* [Construction heat engineering of enclosing parts of buildings]. Edited by Yu.A. Tabunshchikova and V.G. Gagarin. 5th ed., revision. Moscow : AVOK-PRESS, 2006, 256 p. (in Russian).
5. Danilov M.P., Vetvitskyi I.L., Chesanov L.G. and Kolesnik I.A. *Teploustoychivost' zdaniy v ekosisteme «Okruzhayushchaya sreda − zdaniye − chelovek» (Avariyno-defitsitnyye teplovyye rezhimy, gelio- i vetrovyye aspekty)* [Heat resistance of buildings in the ecosystem “Environment − building − people” (Emergency-deficient thermal conditions, solar and wind aspects)]. Dnipropetrosk : Polygraphist, 2005, 205 p. (in Russian).
6. Vetvitskyi I.L., Dikarev K.B., Kislitsa L.V. and Kolesnik I.A. *K voprosu o rekomendatsiyakh po utepleniyu rezervuarov dlya khraneniya zhidkikh udobreniy* [On the issue of recommendations on the insulation of tanks for storing liquid fertilizers]. *Aktual□ni pytannya suchasnoyi ahrarnoyi nauky (15-16 lystopada 2013 r.): materialy Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi* [Current nutrition of the current agricultural science : materials of the International science-practical conference (15-16 November 2013). Kyiv : ZAT "NICHLAVA", 2013, pp. 146−147. (in Russian).
7. *DBN V.2.6-31:2016. Teplova izolyatsiya budivel`* [DBN B.2.6-31: 2016. Thermal insulation of buildings]. Kyiv : State Enterprise “State Research Institute of Building Structures”, 2017, 31 p. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 22.10.2019.