

УДК 621.6.031:631.15

## РОЗРОБКА ТА ІНЖЕНЕРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ У СИСТЕМАХ ТВАРИННИЦЬКИХ ТА ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

### DEVELOPMENT AND ENGINEERING SUPPORT OF WATER SUPPLY SYSTEMS IN LIVESTOCK AND PROCESSING ENTERPRISES

**Горбенко Олена**

*Миколаївський національний аграрний університет,  
Україна, м. Миколаїв*

Питання забезпечення тваринницьких підприємств водними ресурсами належить до пріоритетних напрямів сучасних наукових досліджень у галузі аграрної інженерії, технологій виробництва та екологічно збалансованого використання природних ресурсів. Вода є одним із базових і незамінних компонентів у системі ведення тваринництва, оскільки вона бере безпосередню участь у всіх фізіологічних процесах організму тварин, включаючи терморегуляцію, травлення, обмін речовин, транспорт поживних елементів та виведення продуктів метаболізму.

У структурі технологічних процесів тваринницьких підприємств водопостачання виконує багатофункціональну роль. Воно забезпечує не лише безпосереднє поїння тварин, але й використовується для приготування кормів, санітарної обробки приміщень, миття обладнання, підтримання належного мікроклімату та ветеринарно-гігієнічних заходів. Таким чином, стабільність та якість водопостачання є одним із визначальних чинників ефективності функціонування всього виробничого комплексу.

Наукові дослідження та практичні спостереження доводять, що недостатнє, нерівномірне або нестабільне забезпечення тварин водою призводить до значних негативних наслідків. Зокрема, порушуються процеси травлення та всмоктування поживних речовин у шлунково-кишковому тракті, знижується засвоюваність кормів, погіршується загальний фізіологічний стан тварин. Це, у свою чергу, викликає зменшення продуктивності, зниження надоїв у молочному скотарстві, уповільнення приростів живої маси у м'ясному напрямі та погіршення репродуктивних показників.

Особливо критичним є дефіцит води в умовах високих температур навколишнього середовища, коли організм тварин зазнає додаткового теплового навантаження. У таких умовах підвищується інтенсивність випаровування вологи через дихальну систему та шкірні покриви, що збільшує потребу у воді для підтримання гомеостазу. Відсутність достатнього водопостачання у цей період може призводити до теплового стресу, зниження імунітету та підвищення рівня захворюваності поголів'я.

У сучасних наукових працях значна увага приділяється питанням раціонального та економного використання водних ресурсів у тваринництві. Це пов'язано з тим, що галузь тваринництва є одним із значних споживачів прісної води у сільському господарстві. Дослідники аналізують водну ефективність виробництва, розглядаючи показники питомого водоспоживання на одиницю продукції, а також розробляють методи оцінювання водної продуктивності різних технологічних систем утримання тварин.

Серед основних факторів, що впливають на рівень водоспоживання, виділяють тип технології утримання (прив'язне, безприв'язне, вигульне), щільність розміщення тварин, склад раціону, вологість і температура повітря в приміщеннях, а також рівень автоматизації процесів водопостачання. Окремо відзначається вплив технічного стану обладнання, герметичності систем та наявності втрат води внаслідок протікань або неефективної роботи поїлок.

Перспективним напрямом розвитку тваринницької інфраструктури є вдосконалення систем водопостачання шляхом впровадження сучасних інженерних рішень і матеріалів. Використання полімерних трубопроводів замість традиційних металевих дозволяє значно зменшити корозійні процеси, підвищити довговічність систем, знизити гідравлічні втрати та витрати на технічне обслуговування. Крім того, застосування накопичувальних резервуарів забезпечує резервне зберігання води, що гарантує безперервність водопостачання навіть у разі аварійних ситуацій або перебоїв у централізованих мережах.

Важливим елементом сучасних систем є автоматичні поїлки, які дозволяють забезпечити постійний доступ тварин до води відповідно до їх фізіологічних потреб. Такі пристрої мінімізують втрати води, запобігають їй забрудненню та сприяють дотриманню санітарно-гігієнічних норм утримання тварин. У поєднанні з системами регулювання тиску та фільтрації води вони формують комплексну інфраструктуру стабільного водозабезпечення фермерських господарств.

Окремий перспективний напрям становить впровадження автоматизованих систем контролю та моніторингу водоспоживання. Такі системи базуються на використанні датчиків витрати води, контролерів та програмного забезпечення для збору і аналізу даних у реальному часі. Це дозволяє здійснювати оперативний контроль витрат, виявляти неефективне використання води, втрати в системі, а також прогнозувати потреби у воді залежно від технологічних і кліматичних умов.

Запровадження таких технологій сприяє підвищенню енерго- та ресурсоефективності виробництва, зменшенню експлуатаційних витрат та підвищенню загальної продуктивності тваринницьких підприємств. Крім того, цифровізація процесів водопостачання відповідає сучасним тенденціям розвитку «розумного фермерства» та точного тваринництва.

Запропоноване водопідіймальне обладнання для тваринницьких ферм базується на фундаментальних законах фізики, зокрема на основних положеннях гідростатики, закону Бойля–Маріотта, а також принципів дії сполучених посудин. Його принцип роботи ґрунтується на використанні енергії положення водного стовпа, який формується під дією гравітаційних сил.

Створення необхідного гідравлічного напору у системі водопостачання може відбуватися двома основними способами. Перший – штучний, який реалізується за рахунок використання насосного обладнання, що забезпечує підйом води та підтримання заданого тиску у трубопроводах. Другий – природний, що базується на різниці геодезичних відміток між джерелом водопостачання та точками споживання, зокрема у випадках використання водонапірних башт, резервуарів або природних водойм, розташованих на різних рівнях.

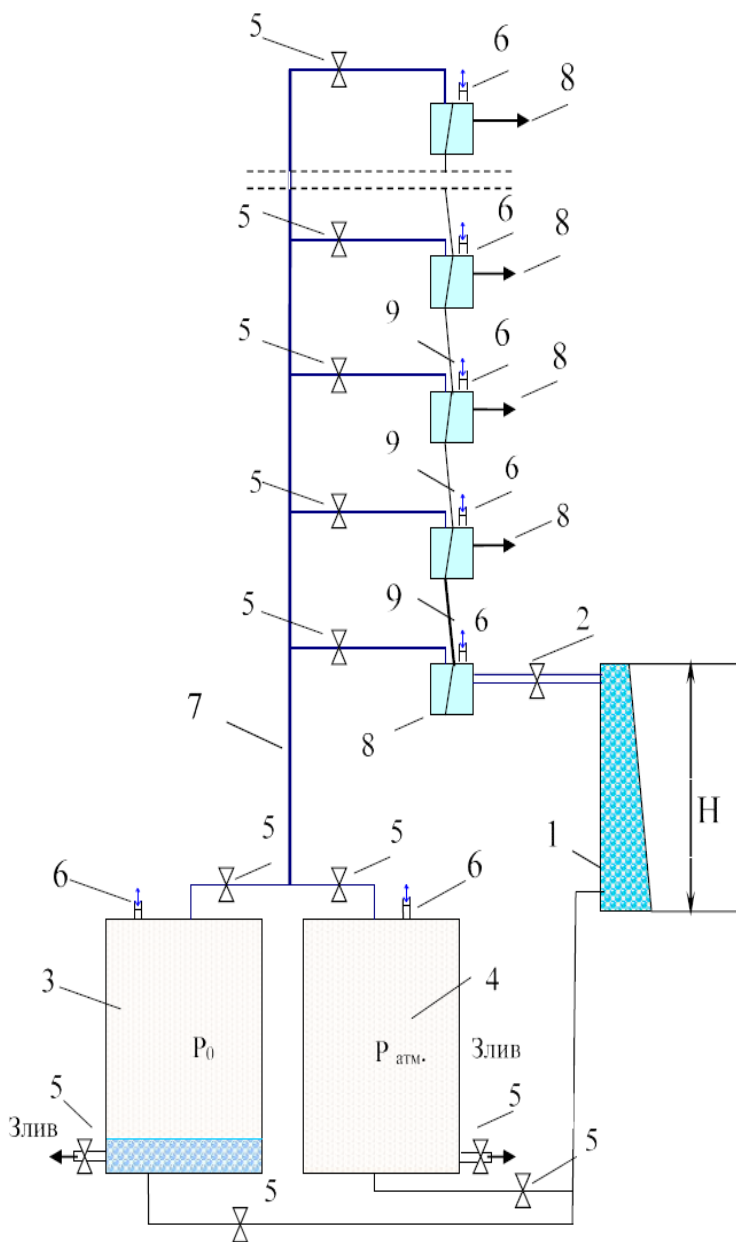
Для наочного пояснення принципу роботи водопідіймального обладнання в умовах тваринницьких підприємств наведено відповідну принципову схему (рис. 1), яка відображає основні елементи системи, включаючи джерело води, елементи транспортування, регулюючу арматуру та кінцеві точки споживання.

Процес функціонування водопідіймального обладнання в умовах тваринницьких ферм у технологічних процесах сільськогосподарського виробництва відбувається наступним чином. Через кран подачі води для заповнення транзитної ємності 2 із напірного бака 1 вода надходить до транзитного резервуара 8, після чого система герметизується за допомогою клапана герметизації або розгерметизації 6.

Одночасно з цим права базова ємність 3 герметизується та заповнюється водою через кульковий або гвинтовий кран 5. У результаті цього в ємності створюється тиск стисненого повітря  $P_0 = P_{\text{атм}} + \gamma h$ , де  $\gamma$  – питома вага води, а  $h$  – висота стовпа води, що відповідає напору  $H$ .

Після досягнення заданого рівня тиску система переходить у режим робочої стабілізації, під час якого забезпечується рівномірний вихід води через розподільчу мережу. Завдяки дії гідростатичного напору відбувається переміщення води до кінцевих точок споживання без необхідності постійного використання насосного обладнання.

У процесі роботи системи важливу роль відіграє клапан герметизації та розгерметизації 6, який регулює зміну тиску в ємностях і забезпечує безпечну експлуатацію установки. Його функціонування дозволяє уникати надлишкового тиску, що може призводити до порушення цілісності системи або нерівномірної подачі води.



**Рис. 1. Схема водопідйомного обладнання в умовах тваринницьких ферм:**

1 – напірний бак, 2 – кран для заповнення транзитної ємності водою, 3 – права базова ємність, 4 – ліва базова ємність, 5 – кульковий або гвинтовий кран, 6 – клапан герметизації або розгерметизації, 7 – трубопровід для транспортування стисненого атмосферного повітря, 8 – транзитні резервуари, 9 – напірні магістралі.

У процесі роботи установки стиснене повітря з правої базової ємності 3 через кульковий або гвинтовий кран 5 надходить у трубопровід для транспортування стисненого атмосферного повітря 7, після чого через клапан герметизації або розгерметизації 6

подається до транзитного резервуара 8. Під дією тиску стисненого повітря відбувається витіснення води з резервуара, яка переміщується по напірній магістралі 9 до наступної транзитної ємності системи.

Після заповнення відповідного резервуара здійснюється його герметизація, що дозволяє перейти до наступної стадії робочого циклу. Далі процес витіснення води повторюється у наступних транзитних резервуарах за аналогічним принципом. При цьому кожна наступна ємність, починаючи з другої, забезпечує поступове підвищення гідравлічного напору до значення  $H = \gamma h$ , що сприяє стабільному переміщенню води по системі.

Для забезпечення безперервності технологічного процесу подачі стисненого повітря передбачено поперемінну та синхронізовану роботу двох базових ємностей – правої 3 та лівої 4. Така схема дозволяє підтримувати постійний тиск у системі, мінімізувати перерви у подачі води та підвищити загальну ефективність функціонування водопідйомного обладнання в умовах тваринницьких підприємств.

Для забезпечення безперервного надходження стисненого повітря до системи передбачається почергове та узгоджене функціонування двох базових ємностей – правої 3 та лівої 4.

Запропонований принцип підвищення гідравлічного напору може бути використаний не лише в системах водопостачання тваринницьких підприємств, але й у ширшому спектрі інженерних рішень, зокрема для генерації екологічно чистої енергії у високонапірних гідроенергетичних установках різної потужності. Такий підхід відкриває перспективи поєднання технологій водопостачання та енергетики в єдині автономні системи, здатні ефективно функціонувати з мінімальними зовнішніми енергетичними витратами.

Завдяки використанню природних фізичних процесів, таких як дія гідростатичного тиску, закон сполучених посудин та кероване використання потенційної енергії стовпа рідини, забезпечується формування стабільного напору без постійної роботи насосних агрегатів. Це підвищує енергоефективність системи та знижує експлуатаційні витрати. Додатково важливим є те, що така система може працювати з різними типами водних джерел, включаючи природні та штучні резервуари.

Перевагою даного принципу є можливість масштабування залежно від потреб об'єкта. У малих господарствах він може застосовуватися для автономного водопостачання тваринницьких приміщень, а у великих агропромислових комплексах – для комплексних гідравлічних систем або часткового виробництва електроенергії. Також можливе використання у віддалених фермерських господарствах, де відсутня стабільна централізована інфраструктура.

Обладнання може працювати в автоматичному режимі, що зменшує потребу постійного контролю з боку персоналу. Автоматизація процесів регулювання тиску та розподілу води забезпечує стабільну роботу системи навіть за змінних навантажень, характерних для тваринницьких підприємств. Крім того, автоматичне керування дозволяє оперативно реагувати на зміну гідравлічних параметрів у системі.

Важливою складовою є можливість інтеграції обладнання в сучасні цифрові системи моніторингу. Це дозволяє здійснювати дистанційний контроль параметрів роботи, зокрема тиску, витрати води та стану клапанів. У перспективі така інтеграція може бути реалізована в рамках концепції «розумної ферми».

Зменшення участі людського фактора підвищує надійність і безпеку експлуатації обладнання, що особливо важливо в умовах безперервного виробничого циклу, де перебої у водопостачанні можуть негативно впливати на продуктивність господарства. Також це знижує ризик помилок, пов'язаних з ручним керуванням системою.

Використання таких систем відповідає сучасним вимогам сталого розвитку аграрного сектору, оскільки сприяє зниженню споживання електроенергії та зменшенню екологічного

навантаження. Додатково це дозволяє скоротити витрати на обслуговування інженерної інфраструктури та підвищити загальну економічну ефективність виробництва.

Таким чином, запропонований принцип підвищення напору є універсальним інженерним рішенням із широким потенціалом застосування в аграрному виробництві та гідроенергетиці, забезпечуючи автономність систем водо- та енергопостачання. Його впровадження також сприяє розвитку енергоощадних технологій та підвищенню рівня технологічної незалежності підприємств. У подальшому можливе вдосконалення конструкції з метою підвищення коефіцієнта корисної дії та зменшення втрат енергії. Додаткові дослідження можуть бути спрямовані на оптимізацію режимів роботи системи залежно від сезонних навантажень. Перспективним є також поєднання даного принципу з відновлюваними джерелами енергії, такими як сонячна та вітрова генерація. Це дозволить створити повністю автономні енергетично-водні комплекси нового покоління.

1. Zacharchenko O. V. Assessment of waste formation and prospects for the introduction of environmentally friendly waste-free technologies in the field of animal husbandry // *Scientific Bulletin of Polissia*. 2018. № 11(3). P. 82–88.

2. Zhang Y., Lu X., Zhang X. Experimental investigation of critical suction velocity of coarse solid particles in hydraulic collecting // *Acta Mechanica Sinica*. 2021. Vol. 37. P. 613–619. DOI: 10.1007/s10409-020-01022-6.

3. Aryal R., Dokou Z., Malla R. B., Bagtzoglou A. C. Design optimization of a small-scale hydropower harvesting device // *Structural and Multidisciplinary Optimization*. 2020. Vol. 61(3). P. 1303–1318. DOI: 10.1007/s00158-019-02416-2.

4. Petrova I., Ivanov S. Energy-efficient pumping systems for rural water supply // *Renewable Energy*. 2021. Vol. 173. P. 980–989. DOI: 10.1016/j.renene.2021.04.067.

5. Сидоренко М. П. Автоматизація процесів водозабезпечення у тваринницьких комплексах // *Техніка і технології АПК*. 2021. № 3. С. 44–50.