

24. Ukraine Trade Summary 2002. WITS. URL: <https://wits.worldbank.org/CountryProfile/en/Country/UKR/Year/2002/Summarytext>
25. Національний банк України URL: https://bank.gov.ua/files/ES/BOP_m.xlsx
26. Облікова ставка Національного банку. URL: <https://bank.gov.ua/ua/monetary/archive-rish>
27. Динаміка міжнародних резервів. URL: <https://bank.gov.ua/ua/markets/international-reserves-allinfo/dynamics?endDate=01.02.2025&startDate=01.02.2003>
28. Foreign aid received. URL: <https://ourworldindata.org/grapher/foreign-aid-received-net?tab=chart&country=UKR>
29. Trebesch, C., Bompreszi, P., Kharitonov, I. (2025). Ukraine Support Tracker Data. URL: <https://www.ifw-kiel.de/publications/ukraine-support-tracker-data-20758/>
30. Lu, Y. (2016). Empirical Evaluation of A New Approach to Simplifying Long Short-term Memory (LSTM). *arXiv*. <http://doi.org/10.48550/arXiv.1612.03707>
31. Oberoi, J. S., Pittea, A., Tapadar, P. (2020). A graphical model approach to simulating economic variables over long horizons. *Annals of Actuarial Science*, 14 (1), 20–41. <http://doi.org/10.1017/S1748499519000022>
32. Баник, А., Мулеса, П. (2025). Візуалізація кореляційних зв'язків та прогнозування макроекономічних змін в Україні. В: *Proceedings of VIII International Scientific and Practical Conference*. Boston, USA: BoScience Publisher, 211–215. URL: <https://sci-conf.com.ua/viii-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-current-trends-in-scientific-research-development-13-15-03-2025-boston-ssha-arhiv/>
33. Баник, А., Мулеса, П. (2025). Технічна основа прогнозування за допомогою LSTM та кореляційний аналіз на етапі підготовки даних. В: *Collection of Scientific Papers «International Scientific Unity» with Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference*. Bucharest, Romania, 79–82. URL: <https://isu-conference.com/en/archive/modern-science-economy-and-digital-innovation-12-03-25/>

Надійшла до редколегії 08.03.2025 р.

Баник Андрій Вікторович, аспірант кафедри кібернетики і прикладної математики, факультет математики та цифрових технологій, УжНУ, м. Ужгород, Україна, e-mail: andrii.banyk@uzhnu.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8991-310X>

Мулеса Павло Павлович, доктор педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри кібернетики і прикладної математики, факультет математики та цифрових технологій, УжНУ, м. Ужгород, Україна, e-mail: pavlo.mulesa@uzhnu.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3437-8082>

УДК 004.9

DOI: 10.30837/0135-1710.2025.184.039

A.B. MIXHOVA, K.C. CHIRKOVA, O.D. MIXHOVA

МЕТОД УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ КОМПОНЕНТІВ ДОНОРСЬКОЇ КРОВІ

Розглянуто особливості управління запасами компонентів крові. Метою дослідження є розробка методу управління запасами компонентів донорської крові. Реалізація методу дозволяє здійснювати розподіл запасів компонентів крові кожної групи та резус-належності в заклади охорони здоров'я з урахуванням таких чинників управління запасами, як щоденна, щотижнева, річна потреба у компонентах крові за груповою та резус-належністю; період часу між замовленнями закладів охорони здоров'я; можливі обсяги та частота заготівлі компонентів крові за кожною групою крові та резус-належністю центром крові; запаси компонентів крові в інших закладах охорони здоров'я за кожною групою крові та резус-належністю. Розроблений метод управління запасами компонентів донорської крові використовується при проєктуванні реалізації функціонального модуля інформаційної системи для забезпечення оптимального розподілу компонентів крові центром крові між закладами охорони здоров'я з урахуванням визначених чинників.

1. Вступ

Заклади охорони здоров'я щохвилини мають потребу в запасах компонентів крові задля можливості виконувати переливання при важких травмах, післяпологових кровотечах, ургентних операціях та інших маніпуляціях [1]. Наявність компонентів донорської крові в закладах охорони здоров'я під час проведення планових та ургентних

оперативних втручань, лікування онкохворих пацієнтів вкрай важлива. У теперішній час потреба в компонентах донорської крові зросла на 60 % [2]. Часто потреба в компонентах крові виникає в ситуаціях, коли неможливо зупинити кровотечу і переливання донорської крові та її компонентів безпосередньо рятує життя пацієнтів. Крім того, раннє переливання компонентів крові як у місці отримання поранення, так і під час транспортування до закладу охорони здоров'я для надання хірургічної допомоги, підвищує шанси виживання тяжко травмованих пацієнтів із гострою крововтратою [3].

В таких випадках заклад охорони здоров'я має отримати життєво важливі компоненти крові для пацієнтів в необхідний термін та у необхідній кількості від центрів крові, які займаються виготовленням та розподілом цих компонентів. Відповідно формування запасів донорської крові та її компонентів, як і управління такими запасами є стратегічними задачами забезпечення національної безпеки держави, вирішувати які повинні центри крові [4].

На сьогоднішній день забезпечення постійної наявності компонентів крові є серйозною проблемою як для закладів охорони здоров'я так і для центрів крові у зв'язку з тим, що центри крові не мають оперативної інформації щодо запасів компонентів донорської крові безпосередньо в кожному закладі охорони здоров'я, куди було видано компоненти донорської крові. А відтак, немає можливості здійснювати перерозподіл виданих компонентів донорської крові між закладами охорони здоров'я у разі екстреної необхідності.

Тому впровадження нових підходів в управлінні запасами компонентів крові [5], автоматизоване вирішення задачі управління запасами та раціонального розподілу компонентів крові в заклади охорони здоров'я є актуальною.

2. Аналіз літературних джерел та визначення проблеми управління запасами компонентів крові

Проблема невідповідності потреби в компонентах крові наявним запасам компонентів крові, яка виникає через неефективну систему управління запасами компонентів крові, піднімається в багатьох роботах [6], [7].

На теперішній час існує ряд методичних рекомендацій та алгоритмів для створення системи управління розподілом запасів компонентів крові між закладами охорони здоров'я.

Визначення мінімального запасу еритроцитовмісних компонентів в центрі крові для клінічного використання з урахуванням груп крові за системами ABO та Rh-фактору може бути здійснено за формулою [8]:

$$V_{\text{група_крові/резус}} = V_{\text{с.міс.видачі}} \times k5 \setminus 4, \quad (1)$$

де $V_{\text{група_крові/резус}}$ – об'єм запасу еритроцитовмісних компонентів за кожною групою крові/Rh-фактором окремо, л; $V_{\text{с.міс.видачі}}$ – об'єм середньомісячної видачі еритроцитовмісних компонентів, л; $k5$ – груповий коефіцієнт; 4 – кількість повних тижнів у місяці.

Груповий коефіцієнт розраховується за формулою:

$$k5 = \frac{V_{\text{с.річ.група_крові/резус}}}{V_{\text{с.річ.}}}, \quad (2)$$

де $V_{\text{с.річ.група_крові/резус}}$ – середньорічний об'єм видачі еритроцитовмісних компонентів певної групи крові/Rh-фактору; $V_{\text{с.річ.}}$ – загальний середньорічний об'єм видачі еритроцитовмісних компонентів;

Існує альтернативний спосіб розрахунку потреби в компонентах крові закладів охорони здоров'я, а саме, мінімального щоденного запасу компонентів крові безпосереднього в закладах охорони здоров'я [9]:

$$V = v \times Rh + m, \quad (3)$$

де V – денний запас компонентів крові; v – видана середньомісячна кількість одиниць; Rh – частка компонентів крові за Rh -фактором; m – мінімум компонентів крові для невідкладної допомоги (залежить від віддаленості від центра крові, типу медичної допомоги, яку надає заклад охорони здоров'я).

За таким розрахунком центри крові при управлінні запасами компонентів крові повинні виконувати замовлення закладів охорони здоров'я, попередньо розраховані за формулою (3).

Наведені способи розрахунку запасів компонентів крові носять методологічний характер, на практиці в умовах постійного дефіциту компонентів крові запит на компоненти крові від закладів охорони здоров'я до центру крові здійснюється в разі запланованих хірургічних втручань за добу або в той самий день, а також в разі виникнення термінової потреби в конкретних компонентах крові. Центри крові не мають автоматизованого механізму аналізу потреби закладів охорони здоров'я з використанням наведених вище розрахунків. Дані щодо використання компонентів крові закладами охорони здоров'я за минулі періоди носять узагальнений характер, що в свою чергу ускладнює аналіз використання компонентів крові кожним закладом охорони здоров'я з метою прогнозування потреби в компонентах крові в майбутньому.

Стратегія оптимізації управління запасами компонентів крові розглядається в роботі [10], де зокрема приділяється увага врахуванню таких факторів, як терміни придатності компонентів крові, групова та резус-належності та мінімально необхідна кількість залишків запасів компонентів крові, а також зазначена важливість саме централізації запасів компонентів крові в центрі крові та розподілу і перерозподілу компонентів крові між закладами охорони здоров'я, що, в свою чергу, дозволяє мінімізувати списання невикористаних компонентів крові через закінчення терміну придатності. В роботі [11] автори виділяють такі чинники управління запасами компонентів крові: частота замовлень, необхідна кількість доз відповідного компоненту крові, кількість доз страхового запасу з відповідним компонентом крові та груповою і резус-належністю.

Існують різні стратегії управління запасами з фіксованим розміром поповнення запасів, з фіксованою періодичністю поповнення запасів, з заданою періодичністю поповнення запасів до встановленого рівня [12]. Серед відомих принципів управління запасами: FEFO («перший, чий строк придатності закінчується – першим вийшов»), FIFO («перший зайшов – перший вийшов») та LIFO (останній прийшов – перший вийшов) [13].

Переваги застосування принципів LIFO та FIFO при управлінні запасами компонентів крові з аналізом кількості доз компонентів крові, списаних через закінчення терміну придатності, при застосуванні кожного з принципів розглянуто в роботі [14]. В наукових працях [15], [16] розкривається питання можливості застосування штучних нейронних мереж з метою прогнозування потреби в компонентах крові закладами охорони здоров'я та оптимального запасу компонентів крові в центрі крові.

Системи управління запасами поділяються на системи управління запасами на базі теорії обмежень, системи управління запасами з фіксованим розміром замовлення, системи управління запасами з фіксованим періодом часу між замовленнями, системи управління запасами з встановленою періодичністю поповнення запасів до постійного рівня, системи управління запасами «мінімум-максимум» [17]. Центри крові повинні на 100 % виконувати замовлення закладів охорони здоров'я. Існують різні методи оцінки оптимальності запасів: дослідно-статистичні (метод експертних оцінок або евристичний метод, заснований на аналізі статистичної звітності про запаси); економіко-математичні (модель Харріса-Уілсона), техніко-економічні тощо [18]– [20].

На теперішній час існують такі проблеми управління запасами компонентів крові в центрі крові:

- при розрахунку потреби в запасах компонентів крові в центрі крові враховуються середньотижневі обсяги видачі компонентів крові загалом в заклади охорони здоров'я, не розраховується потреба видачі компонентів крові за кожною групою крові за системою АВ0 та Rh-фактору в кожний конкретний заклад охорони здоров'я, не враховується прогнозована щоденна, щотижнева, річна потреба за кожною групою крові за системою АВ0 та Rh-фактору, що, в свою чергу, призводить до періодичного виникнення критичного стану запасів компонентів відповідної групи крові за системою АВ0 та Rh-фактором;
- потреба в компонентах крові залежить від емпіричного досвіду персоналу закладу охорони здоров'я, який надсилає відомості про потреби в компонентах крові на паперовому носії або в телефонному режимі;
- планування обсягів заготівлі компонентів крові здійснюється на основі річних планів заготівлі та запасів витратних матеріалів без врахування розбивки за групою крові за системою АВ0 та Rh-фактором.

Для оптимізації використання запасів компонентів крові потрібно забезпечити на правовому рівні перерозподіл еритроцитовмісних компонентів крові від закладів охорони здоров'я, що використовують в лікувальному процесі незначні обсяги компонентів крові і мають у себе в запасі еритроцитовмісні компоненти з терміном придатності «спливає найближчим часом» (менше 7 діб до закінчення терміну придатності), в заклади охорони здоров'я, що використовують значні обсяги компонентів крові і попит на еритроцитовмісні компоненти в яких значно вищий. Такий перерозподіл еритроцитовмісних компонентів крові повинен здійснюватися за допомогою укладання угоди між вкладами охорони здоров'я, що належать одному органу місцевого самоврядування чи відомству, або між закладами охорони здоров'я, що розташовані в безпосередній географічній близькості[21]- [23].

На теперішній час центри крові не мають оперативної інформації щодо запасів компонентів донорської крові безпосередньо в кожному закладі охорони здоров'я, куди було видано компоненти донорської крові. А відтак, немає можливості здійснювати перерозподіл виданих компонентів донорської крові у разі екстреної необхідності між закладів охорони здоров'я.

Відповідно, вирішення задачі управління запасами компонентів крові та розподілом компонентів крові серед закладів охорони здоров'я є актуальним для забезпечення раціонального розподілу компонентів крові серед закладів охорони здоров'я з метою стовідсоткового забезпечення потреб в відповідних компонентах крові, а також можливості визначення мінімально допустимого і максимально необхідного рівнів запасів компонентів крові в кожному лікувальному закладі.

3. Мета і задачі дослідження

Метою дослідження є оптимізація розподілу та видачі запасів компонентів крові в заклади охорони здоров'я центром крові за допомогою механізму управління запасами компонентів крові з можливістю переспрямування компонентів крові між закладами охорони здоров'я.

Для досягнення мети повинні бути вирішені такі задачі:

- визначити чинники, що здійснюють вплив на управління запасами компонентів крові в центрі крові;
- розробити метод управління запасами компонентів донорської крові.

4. Опис методу управління запасами компонентів донорської крові

Об'єктом дослідження є система управління запасами компонентів крові. Предметом дослідження є механізми підвищення ефективності управління та оптимізації запасів

компонентів донорської крові в центрі крові. Теоретичним підґрунтям досліджень виступають відомі стратегії та методи управління запасами.

При управлінні запасами компонентів крові з метою мінімізації кількості компонентів крові, що не були використані для переливання через закінчення терміну придатності до моменту, коли виникла потреба у їх використанні, застосовується принцип FIFO [24]. Проте потреба закладу охорони здоров'я може містити додаткові вимоги, як наприклад визначений компонент крові визначеної групової та резус-належності для відповідного пацієнта, що, в свою чергу, передбачає застосування принципу LIFO при розподілі запасів компонентів крові.

Система управління запасами компонентів донорської крові повинна враховувати такі чинники, які служать практичним підґрунтям досліджень в даній галузі:

- всі можливі варіанти груп крові за системами АВ0 та Rh-фактору;
- терміни придатності еритроцитовмісних компонентів;
- коливання обсягу замовлень закладів охорони здоров'я на окрему групу крові за системами АВ0 та Rh-фактору компонентів крові впродовж певного періоду;
- коливання обсягу заготівлі еритроцитовмісних компонентів необхідних груп крові за системами АВ0 та Rh-фактору в залежності від контингенту донорів.

Компоненти крові мають певну групу та резус фактор за системами АВ0 та Rh-фактору [25]. Переливання компонентів крові від донора до пацієнта здійснюється з урахуванням сумісності за системами АВ0 та Rh-фактору (табл.1), оскільки переливання іншого (несумісного) компонента крові може спричинити смерть пацієнта.

Планування та управління запасами компонентів крові ускладнює нерівномірність потреб в компонентах крові та розподілу запасів компонентів крові по групах за системами АВ0 та Rh-фактору. Цей факт викликаний певною структурою розподілу груп крові за системами АВ0 та Rh-фактору серед населення країни, наприклад, в Україні найпоширеніша група крові – друга група резус позитивний (А(II) / поз), найрідкісніша – четверта група резус негативна (AB(IV) / нег) [26].

Таблиця 1

Сумісність груп крові за системами АВ0 та Rh-фактору

Група крові за системами АВ0 та Rh-фактору пацієнта	Група крові за системами АВ0 та Rh-фактору компонента крові							
	О(I) /нег	О(I)/ поз	А(II)/ нег	А(II)/ поз	В(III)/ нег	В(III)/ поз	AB(IV)/ нег	AB(IV)/ поз
О (I) / нег	+	-	-	-	-	-	-	-
О (I) /поз	+	+	-	-	-	-	-	-
А (II) /нег	+	-	+	-	-	-	-	-
А (II) /поз	+	+	+	+	-	-	-	-
В (III) /нег	+	-	-	-	+	-	-	-
В (III) /поз	+	+	-	-	+	+	-	-
AB (IV) /нег	+	-	+	-	+	-	+	-
AB (IV) /поз	+	+	+	+	+	+	+	+

Інформацію щодо потреби в компонентах крові у кожному закладі охорони здоров'я наведено у табл. 2.

На формальному рівні задачу управління запасами компонентів крові в центрі крові може бути представлено системою обмежень, де сумарна потреба в дозах компонентів крові відповідної групи крові та резус-належності не повинна перевищувати запас доз компонентів крові відповідної групи та резус-належності в центрі крові:

Таблиця 2

	Потреба у еритроцитовмісних компонентах, доз							
	О (I) / нег	О (I) / поз	А(II)/ нег	А(II)/ поз	В(III)/ нег	В(III)/ поз	АВ(IV)/ нег	АВ(IV)/ поз
Заклад охорони здоров'я № 1								
Заклад охорони здоров'я № 2								
.....								
Заклад охорони здоров'я № N								

$$\left\{ \begin{array}{l} B_{1gI-} + B_{2gI-} + \dots + B_{NgI-} \leq Res_{gI-} \\ B_{1gI+} + B_{2gI+} + \dots + B_{NgI+} \leq Res_{gI+} \\ B_{1gII-} + B_{2gII-} + \dots + B_{NgII-} \leq Res_{gII-} \\ B_{1gII+} + B_{2gII+} + \dots + B_{NgII+} \leq Res_{gII+} \\ B_{1gIII-} + B_{2gIII-} + \dots + B_{NgIII-} \leq Res_{gIII-} \\ B_{1gIII+} + B_{2gIII+} + \dots + B_{NgIII+} \leq Res_{gIII+} \\ B_{1gIV-} + B_{2gIV-} + \dots + B_{NgIV-} \leq Res_{gIV-} \\ B_{1gIV+} + B_{2gIV+} + \dots + B_{NgIV+} \leq Res_{gIV+} \end{array} \right., \quad (4)$$

де B_n – n -й заклад охорони здоров'я; g_j – компонент j -ї групи крові та резус-належності; B_{ngj} – необхідна кількість доз потрібних компонентів крові групи крові та резус-належності g_j в закладі охорони здоров'я; Res_{g_j} – запас компонентів крові групи крові та резус-належності g_j в центрі крові.

Поповнення запасів компонентів крові закладу охорони здоров'я здійснюється шляхом забезпечення необхідної потреби регіональним центром крові:

$$\sum_{n=1}^N B_{ngj} \leq Res_{g_j}. \quad (5)$$

Якщо $\sum_{n=1}^N B_{ngj} > Res_{g_j}$, то існує незакрита потреба у компонентах крові в одному або декількох закладах охорони здоров'я, необхідно терміново збільшити запас компоненту g_j в центрі крові шляхом заготівлі компонентів g_j та паралельно перевірити можливість здійснити перерозподіл компонентів g_j з одного закладу охорони здоров'я до іншого.

Виходячи із зазначеного вище, метод управління запасами компонентів крові в центрі крові складається з таких етапів:

Етап 1. Вибір принципу управління запасами в залежності від деталей сформованої заявки про потреби закладу охорони здоров'я. Якщо заявка закладу охорони здоров'я не містить специфічного замовлення під конкретного пацієнта, застосовується принцип FIFO, якщо містить – принцип LIFO.

Етап 2. Визначення чинників управління запасами: розміру потреби відповідного закладу охорони здоров'я у компоненті g_j (щоденного, щотижневого, річного); періоду часу між замовленнями закладу охорони здоров'я, частоти та обсягу заготівлі компонентів крові g_j .

Етап 3. Аналіз запасів компонентів крові в цілому в центрі крові, а також з

урахуванням закладів охорони здоров'я, групової та резус-належності.

Етап 4. Розрахунок необхідної кількості доз заготівлі компонентів крові з урахуванням групової та резус-належності для створення та утримання відповідних мінімальних запасів компонентів крові за формулою:

$$\sum_{n=1}^N B_{ngj} \leq Res_{gj}, \quad (6)$$

де V_{gj} – необхідна кількість доз заготівлі компонентів групи крові та резус-належності g_j ;

V_{avrgj} – середньотижнева кількість доз видачі еритроцитовмісних компонентів g_j .

Етап 5. Розрахунок оптимального розміру запасів компонентів крові (щоденного, щотижневого, річного) з урахуванням групової та резус-належності шляхом додавання до отриманих на етапі 4 значень страхового запасу визначено шляхом використання експертних оцінок за виразом:

$$Res_{optgj} = V_{gj} + Res_{insgj}, \quad (7)$$

де Res_{optgj} – оптимальний запас доз еритроцитовмісних компонентів групи крові та резус-належності g_j ; Res_{insgj} – страховий запас доз еритроцитовмісних компонентів групи крові та резус-належності g_j , визначений експертним шляхом.

Етап 6. Встановлення ступеня відповідності запасів компонентів крові оптимальним розмірам з урахуванням групової та резус-належності за виразом:

$$Res_{gj} - Res_{optgj}. \quad (8)$$

Етап 7. Оцінка відповідності запасів компонентів крові з урахуванням групової та резус-належності потребам закладів охорони здоров'я за формулою (5).

Метод управління запасами компонентів крові в центрі крові може бути реалізовано у вигляді функціонального модуля управління запасами компонентів крові інформаційної системи, у який входять такі функціональні задачі:

- автоматична реєстрація даних щодо передачі кожної одиниці компонентів крові від центра крові у відповідний заклад охорони здоров'я та її отримання цим закладом;
- ведення обліку наявних запасів компонентів крові в кожному закладі охорони здоров'я з урахуванням групової та резус-належності;
- ведення обліку використання еритроцитарних компонентів крові відповідно до групової та резус-належності для кожного пацієнта;
- автоматичне формування статистичних даних щодо наявних та використаних доз компонентів крові в закладах охорони здоров'я з урахуванням групової та резус-належності;
- автоматичний розрахунок планової та фактичної щоденної/щотижневої потреби у компонентах крові в кожному закладі охорони здоров'я з урахуванням групової та резус-належності;
- автоматичне зіставлення наявних запасів компонентів крові в центрі крові з фактичної потребою у компонентах крові з урахуванням групової та резус-належності;
- автоматичний розрахунок кількості доз компонентів крові, у яких термін придатності «спливає найближчим часом» (менше 7 діб до закінчення терміну придатності);
- аналіз потреби в компонентах крові в закладах охорони здоров'я з урахуванням: наявних запасів компонентів крові в інших закладах охорони здоров'я з граничним терміном придатності; наявних запасів компонентів крові в центрі крові; територіального розміщення закладів охорони здоров'я та центру крові;
- автоматизований перерозподіл та переміщення компонентів крові між закладами

охорони здоров'я.

Описаний модуль управління запасами компонентів крові в українських інформаційних системах центрів крові на теперішній час не існує і повинен бути розроблений «з нуля». Схема функціональної структури інформаційної системи служби крові із зазначенням місця запропонованого модуля наведена на рис. 1. Модуль управління запасами компонентів крові позначено пунктирною лінією на схемі.

Модуль управління запасами компонентів крові планується інтегрувати до українських інформаційних систем центрів крові за рахунок використання системи типових інтерфейсів.

5. Опис отриманих результатів

З використанням отриманого методу управління запасами компонентів донорської крові проведено розрахунки оптимального запасу компонентів крові для центру крові при наявності заявок про потреби в компонентах крові від трьох закладів охорони здоров'я.

Дані заявки про потреби в компонентах крові не містять специфічного замовлення під конкретного пацієнта, тому з метою мінімізації показників списання компонентів крові через закінчення терміну придатності використовується метод управління запасами FIFO.

Вхідним чинником служить існуюча щоденна потреба в компонентах крові, обсяг заготівлі компонентів крові з урахуванням групової та резус-належності для трьох закладів охорони здоров'я, період часу між замовленнями, частота заготівлі компонентів крові не використовуються (табл. 3).

Таблиця 3

	Щоденна потреба у еритроцитовмісних компонентах, доз							
	О (I) / нег	О (I) / поз	А(II)/ нег	А(II)/ поз	В(III)/ нег	В(III)/ поз	AB(IV)/ нег	AB(IV)/ поз
Заклад охорони здоров'я № 1	3	1	1	5	1	3	1	2
Заклад охорони здоров'я № 2	2	4	1	7	2	1	1	1
Заклад охорони здоров'я № 3	4	4	1	9	1	2	1	1
Всього :	9	9	3	21	4	6	3	4

Аналіз запасів компонентів крові в центрі крові дозволяє на основі обсягів заготівлі компонентів крові визначити наявні запаси еритроцитовмісних компонентів з урахуванням групової та резус-належності (табл.4).

Таблиця 4

Запаси, доз	Еритроцитовмісні компоненти							
	О (I) / нег	О (I) / поз	А(II)/ нег	А(II)/ поз	В(III)/ нег	В(III)/ поз	AB(IV) / нег	AB(IV)/ поз
Еритроцити у додатковому розчині	4	20	4	35	5	13	3	10
Еритроцити з видаленням ЛТШ	2	8	6	28	7	11	2	5
Еритроцити, збіднені на лейкоцити у додатковому розчині	5	5	5	15	6	12	4	7
Всього :	11	33	15	78	18	36	9	22

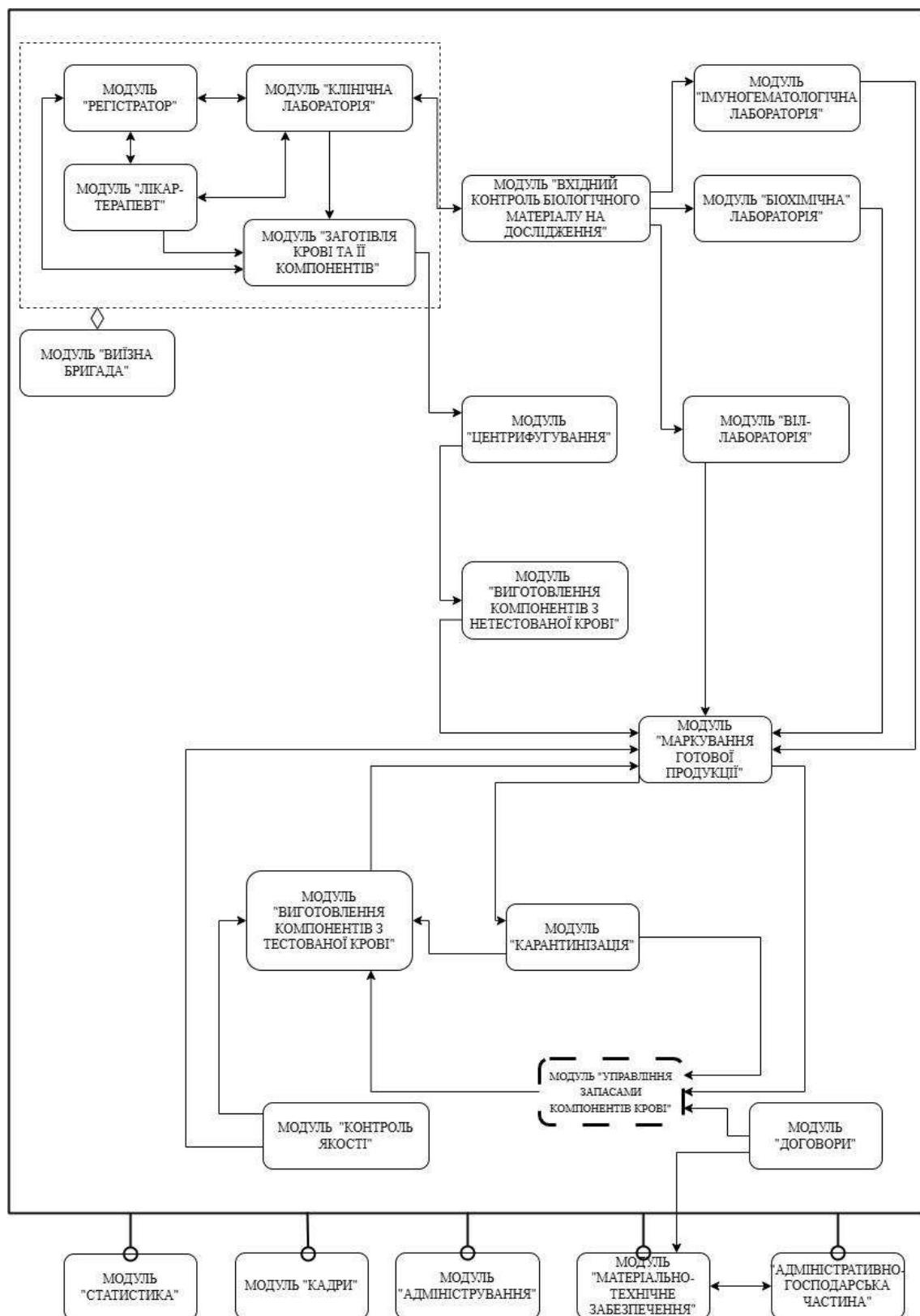


Рис.1. Схема функціональної структури інформаційної системи служби крові

4. За формулою (6) проведено розрахунок необхідної кількості доз заготівлі компонентів крові з урахуванням групової та резус-належності (табл.5).

Таблиця 5

	Еритроцитовмісні компоненти							
	О (I) / нег	О (I) / поз	А(II)/ нег	А(II)/ поз	В(III)/ нег	В(III)/ поз	АВ(IV)/ нег	АВ(IV)/ поз
Розрахункова потреба, доз	9	25	6	30	4	14	3	7

За виразом (7) проведено розрахунок оптимального розміру запасів компонентів крові з урахуванням групової та резус-належності (табл.6).

Встановлено ступінь відповідності запасів компонентів крові оптимальним розмірам запасів з урахуванням групової та резус-належності за виразом (8) (табл.7).

Встановлення такої відповідності дозволяє побачити, запаси яких саме компонентів за груповою та резус-належністю необхідно терміново поповнити, щоб вони відповідали значенням оптимальних запасів компонентів крові

Таблиця 6

	Еритроцитовмісні компоненти							
	О (I) / нег	О (I) / поз	А(II)/ нег	А(II)/ поз	В(III)/ нег	В(III)/ поз	АВ(IV)/ нег	АВ(IV)/ поз
Оптимальний розмір запасів, доз	19	45	16	60	15	29	13	17

Таблиця 7

	Еритроцитовмісні компоненти							
	О (I) / нег	О (I) / поз	А(II)/ нег	А(II)/ поз	В(III)/ нег	В(III)/ поз	АВ(IV)/ нег	АВ(IV)/ поз
Відповідність запасів оптимальним, доз	-8	-12	-1	18	3	7	-4	5

Проведено оцінку відповідності запасів компонентів крові з урахуванням групової та резус-належності потребам зазначених закладів охорони здоров'я (табл.8).

Таблиця 8

	Еритроцитовмісні компоненти							
	О (I) / нег	О (I) / поз	А(II)/ нег	А(II)/ поз	В(III)/ нег	В(III)/ поз	АВ(IV)/ нег	АВ(IV)/ поз
Відповідність запасів фактичним потребам, доз	2	24	12	57	14	30	6	18

Оцінка відповідності запасів компонентів крові фактичним потребам зазначених закладів охорони здоров'я показала, що, враховуючи поточні запаси компонентів крові, існуюча потреба може бути закрита повністю. Проте наявні запаси компонентів крові не відповідають оптимальним запасам і, відповідно, терміново необхідно підвищення обсягу

доз заготівлі компонентів донорської крові з прив'язкою до групової та резус-належності.

6. Обговорення результатів

Розроблено метод управління запасами компонентів крові в центрі крові. Запропонований метод управління запасами компонентів крові в центрі крові застосовується на передпроектній стадії автоматизації задачі управління запасами компонентів крові для формування оптимального запасу компонентів крові шляхом виявлення ключових чинників управління запасами компонентів крові, визначення та структуризації етапів процесу управління запасами компонентів крові. На відміну від існуючих методів управління запасами, розроблений метод управління запасами компонентів донорської крові дозволяє враховувати специфіку формування оптимального запасу компонентів крові в центрі крові з урахування щоденної, щотижневої, річної потреби закладів охорони здоров'я, обсягів потреби у заготівлі компонентів донорської крові.

Реалізація розробленого методу управління запасами компонентів донорської крові у вигляді функціонального модуля дозволяє автоматизувати управління своєчасним розподілом компонентів крові в заклади охорони здоров'я та управління оптимальним запасом компонентів крові в центрі крові. Перевагою такого функціонального модуля, в основу якого закладено розроблений метод управління запасами компонентів донорської крові, є можливість оцінювання відповідності запасів компонентів крові у центрі крові з урахуванням групової та резус-належності потребам закладів охорони здоров'я та відповідно до цього своєчасно корегувати розміри запасів компонентів крові з урахуванням групової та резус-належності. Недоліком представленого методу управління запасами компонентів донорської крові є відсутність опису алгоритму розрахунку щоденної, щотижневої, річної потреби в компонентах крові закладами охорони здоров'я, а також складність зіставлення потреби та запасів за найменуванням компонентів крові.

Подальшим напрямом розвитку методу управління запасами компонентів донорської крові є вирішення задачі забезпечення компонентами крові закладів охорони здоров'я у випадках виникнення екстреної (ургентної) потреби з урахування територіальної віддаленості закладів охорони здоров'я від центру крові. Передбачається додавання етапу прогнозування з використанням моделей машинного навчання до розробленого методу з метою отримання оптимального запасу компонентів крові, що буде забезпечувати підвищення ефективності розподілу та перерозподілу компонентів крові серед закладів охорони здоров'я та мінімізацію списання компонентів крові з причин закінчення терміну придатності через невикористання.

7. Висновки

Дослідження проводилися з метою оптимізації розподілу та видачі запасів компонентів крові центром крові в заклади охорони здоров'я. При вирішенні задачі визначення чинників, що здійснюють вплив на управління запасами компонентів крові в центрі крові, було проведено аналіз ряду наукових праць, де розглядаються системи управління запасами компонентів крові різних країн. В межах дослідження було запропоновано метод управління запасами компонентів донорської крові, який дозволяє вирішувати проблему 100 % забезпечення потреби закладів охорони здоров'я в компонентах донорської крові, своєчасно корегувати обсяги заготівлі компонентів донорської крові.

При розробці методу управління запасами компонентів крові було здійснено визначення чинників, що здійснюють вплив на управління запасами компонентів крові в центрі крові. Отриманий метод дозволить в майбутньому вирішувати задачу безперервного забезпечення компонентами крові закладів охорони здоров'я з утриманням оптимальних запасів компонентів крові в центрі крові. Вирішення цієї задачі сприяє мінімізації відсотка

списання компонентів крові з причини закінчення терміну придатності через невикористання, підвищення ефективності стратегічного та оперативного планування обсягів заготівлі компонентів донорської крові.

Перспективи подальшого розвитку даного дослідження полягає в порівнянні отриманих розрахунків запасів компонентів крові в центрі крові з існуючими методичними розрахунками потреби у компонентах крові в закладах охорони здоров'я а також з фактичним цифрами використання компонентів крові в закладах охорони здоров'я з урахуванням групової та резус-належності.

Перелік посилань:

1. Швидка трансформація української системи громадського здоров'я може відбутися завдяки сучасним електронним інструментам. *Український центр трансплант-координації*. URL: <https://utcc.gov.ua/shvydka-transformatsiya-ukrayinskoji-systemy-gromadskogo-zdorov-ya-mozhe-vidbutysya-zavdyaky-suchasnym-elektronnym-instrumentam/> (дата звернення: 19.01.2025).
2. Потреба у крові в Україні. *ДонорUA*. URL: <https://www.donor.ua> (дата звернення: 19.01.2025).
3. Gammon, R., Rosenbaum, L., Cooke, R., et al. (2021). Maintaining Adequate Donations and a Sustainable Blood Supply: Lessons Learned. *Transfusion*, 61(1), 294-302.
4. Стратегія розвитку добровільного безоплатного донорства крові та компонентів крові на період до 2028 року. *Розпорядження Кабінету Міністрів України від 12 березня 2024 р. № 225-р*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/225-2024-%D1%80#n14> (дата звернення: 19.01.2025)
5. Aman Shah, Dev Shah, Devanshi Shah, Daksh Chordiya, Nishant Doshi, Rudresh Dwivedi. (2022) Blood Bank Management and Inventory Control Database Management System. *Procedia Computer Science*, 198, 404–409.
6. M. Ahmadimanesh, H. R. Safabakhsh, S. Sadeghi. (2023) Designing an optimal model of blood logistics management with the possibility of return in the three-level blood transfusion network. *BMC Health Services Research*, 23:1304, 1–23. <https://doi.org/10.1186/s12913-023-10240-0>.
7. Mikhnova A., Mikhnov D., Chyrkova K. (2021) Development the Technology of Reengineering Specialized Information Systems. *International Academy Journal Web of Scholar*, 1 (51), 1–6.
8. Слабкий Г.О., Видиборець С.В., Шатило В.Й., Чугрієв А.М., Упоряд., Організація системи управління запасами компонентів крові. Київ. МОЗ України. УЦНМІПЛР. 2016, 1–29.
9. Видиборець С.В. та ін., (2019) Організація трансфузіологічної допомоги в закладах охорони здоров'я. Київ – Вашингтон, 252–256.
10. H.L.F. Soares, E. Arruda, L. Bahiense, Daniel Gartner, L. A. Filho. (2020) Optimisation and control of the supply of blood bags in hemotherapeutic centres via Markov decision process with discounted arrival rate. *Artificial intelligence in medicine*, 104:101791, 1–36. doi:10.1016/j.artmed.2020.101791
11. Fitra Lestari, Ulfah, Fitri Roza Aprianis, Suherman. (2018) Inventory Management Information System in Blood Transfusion Unit. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 268–272. doi: 10.1109/IEEM.2018.8607557
12. Shaima Abdallah Elhaj et al. (2024) Informing the State of Process Modeling and Automation of Blood Banking and Transfusion Services Through a Systematic Mapping Study. *Journal of Multidisciplinary Healthcare*, 17, 473–489.
13. Parmis Emadi, Zbigniew J. Pasek. (2021) Blood Shortage Management with a Reactive Lateral Transshipment Approach in a Local Blood Supply Chain. *In the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Sao Paulo, Brazil, April 5–8, 319–330.
14. M. Arani, M. Momenitabar, Z. D. Ebrahimi, X. Liu. (2019) A Two-Stage Stochastic Programming Model for Blood Supply Chain Management, Considering Facility Disruption and Service Level. 7th International Conference on Logistics and Supply Chain Management LSCM
15. A. S. Kshirsagar, Y. M. Phalle. (2023) Optimizing Blood Supply Chains: AI-Enabled Smart Blood Management Solutions. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 10, 826–829.
16. M. Ahmadimanesh, A. Tavakoli, A. Pooya, F. Dehghanian (2020) Designing an optimal inventory management model for the blood supply chain. *Medicine*, 99:29, 1–8.
17. Скурієвська Л., (2023) Основні аспекти управління запасами та логістики в процесах управління оборонними ресурсами та оборонного менеджменту. *Journal of Scientific Papers "Social Development and Security"*, 13 (5), 230–243.
18. Бобиль В. В., Пікуліна О. В., Мовчан М. В. (2020) Сучасні методи аналізу та управління виробничими запасами. *Науковий вісник Дніпропетровського державного університету внутрішніх справ*, 4, 304–310.
19. Monireh Ahmadimanesh & Hamid Reza Safabakhsh & Sedigheh Sadeghi. (2023). Designing an optimal model of blood logistics management with the possibility of return in the three-level blood transfusion network. *BMC*

Health Services Research, 1304, 1–23.

20. Wenqian Liu & Ginger Y. Ke & Jian Chen & Lianmin Zhang. (2020) Scheduling the distribution of blood products: A vendor-managed inventory routing approach. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 140(4).

21. Amir Khiabani et al. (2024) A Three-Echelon Healthcare Supply Chain Model for Blood Distribution During Crisis Times. *Systems* 2025, 13(1), 7.

22. Siddharth Mishra, Anoop Daga, Anant Gupta. (2021) Inventory management practices in the blood bank of an institute of national importance in India. *J Family Med Prim Care*, 10(12), 4489–4492.

23. Стратегія вилучення FIFO, LIFO та FEFO URL: <https://erp.co.ua/blog/sklad-8/shcho-take-strategiia-viluchennia-fifo-lifo-ta-fefo-145> (дата звернення: 02.02.2025).

24. Долук А. В., Лановий Б. А. (2024). Аналіз методів оцінки запасів при їх вибутті. Всеукраїнська науково-практична конференція «Сучасні пріоритети розвитку науки та суспільства», Вінниця, 11–12 квітня, 73–76.

25. Групи крові URL: <https://empendium.com/ua/manual/chapter/B72.VI.K.1.1.> (дата звернення: 02.02.2025).

26. Vanessa E. S. F. Oliveira, & Breno Barros Telles do Carmo, & Amanda Gondim de Oliveira. (2019) Information system to manage blood inventory and direct collection campaigns. *Gest. Prod.*, 26 (2), 1–11.

Надійшла до редколегії 20.02.2025 р.

Міхнова Аліна Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних управляючих систем, Україна; e-mail: alina.mikhnova@nure.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9877-4298>

Чиркова Катерина Сергіївна, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри інформаційних управляючих систем, Україна; e-mail: kateryna.chyrkova@nure.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3749-3043>

Міхнова Олена Дмитрівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних управляючих систем, Україна; e-mail: olena.mikhnova@nure.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6558-8509>