

ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION  
EKOLOGIYA VƏ ƏTRAF MÜHİTİN MÜHAFİZƏSİ

UOT 628.12.15:621.311.22

АХМЕДОВА Д.А.

Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности  
ahmedova\_cahan1975@mail.ru

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОЦЕССА ОПРЕСНЕНИЯ МОРСКОЙ  
ВОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫМ МЕМБРАННО-  
ДИСТИЛЛЯЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Технологическая схема гибридной технологии на основе обратного осмоса и мембранной дистилляции воды Каспийского моря представлена в работе [1]. Согласно этой технологии концентрат обратного осмоса с целью опреснения подается на установку мембранной дистилляции [2, 3, 7]. Симуляция обратного осмоса проведена в программе ROSA, а для части мембранной дистилляции составлена расчетная модель и проведены аналитические исследования анализ результатов, которых приведены ниже [1, 4].

В таблице 1 приведены результаты расчетов стадии RO в режиме оптимального соотношения выходов пермеата и остаточного раствора (70:30%) при производительности установки по пермеату равной 50 т/ч (ЭС «Şimal»). Согласно расчетам по программе ROSA [5] требуемая площадь поверхности мембран со-

ставила – 1560 м<sup>2</sup> (6 модулей по 7 мембран в каждом), рабочее давление – 36,7 бар, удельный расход электроэнергии – 1,82 кВт·ч/м<sup>3</sup>. Расходы потоков, а также ионные составы морской воды, полученного пермеата и остаточного раствора приведены в таблице 1.

Как следует из данных таблицы при производительности RO по пермеату (опресненной воде) равной 50 т/ч расход исходной морской воды составляет 71,4 т/ч, а остаточного раствора, подлежащего утилизации – 21,4 т/ч. При этом солесодержание этого раствора достигает 42,3 г/дм<sup>3</sup>, что в 3,3 раза больше солесодержания морской воды. Удельная площадь поверхности мембраны составляет 1560/50=31,2 м<sup>2</sup>/(т/ч).

Следует отметить, что принятое в практике RO опреснения соленых вод,

Таблица 1.

Показатели качества воды стадии RO

№	Показатели	Размерность	Морская вода*	Пермеат	Концентрат
1	Расход	т/ч	71,4	50	21,4
2	Ca <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	320,6	1,26	1065,8
3	Mg <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	729,4	2,9	2424
4	Na <sup>+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	3172	34	10495
5	Cl <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	5022	52,8	16616
6	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	3302	12,6	10977
7	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	215,8	2,93	697,6
8	СС	мг/дм <sup>3</sup>	12766	108,4	42290
9	pH	-	6,7	7,0	5,2

Примечание: \* Состав морской воды после подкисления

близких по солесодержанию к каспийской воде ограничение на максимальный выход пермеата (70%) обусловлен необходимостью снизить негативное влияние явления, так называемой, концентрационной поляризации [6].

Следует отметить, что принятое в практике RO опреснения соленых вод, близких по солесодержанию к каспийской воде ограничение на максимальный выход пермеата (70%) обусловлен необходимостью снизить негативное влияние явления, так называемой, концентрационной поляризации [6].

Результаты одного из вариантов расчета этой стадии MD, питаемого остаточным раствором RO, приведены в таблице 2. Исходными данными для расчета были: расход остаточного раствора стадии RO–GRO=21,4 т/ч, его солесодержание –  $CC=42,3$  г/дм<sup>3</sup>; солесодержание остаточного раствора стадии MD–CMD=150 г/дм<sup>3</sup>; температуры раствора на входе горячего контура –  $t1P=800C$ , на выходе  $t2P=350C$ ; температура пермеата на входе холодного контура –  $t1X=250C$ , на выходе

$t2X=500C$ ; технические данные мембраны –  $\delta=60$  мкм;  $r=0,225$  мкм;  $\epsilon=80\%$ .

Как следует из результатов расчетов, в рассматриваемых условиях, из 21,4 т/ч остаточного раствора RO на стадии MD может быть получено 15,4 т/ч дистиллята (пермеата), что соответствует коэффициенту конверсии – 72 %, примерно также, как и на стадии RO. Выработка опресненной воды в целом по системе увеличивается на  $15,4 \cdot 100/50=30,8\%$ . Соответственно, расход концентрата, подлежащего предельному выпариванию снизится до 6 т/ч или на 72 %.

Удельная площадь поверхности мембраны MD в два раза превышает аналогичный показатель RO. Процесс MD характеризуется к.п.д. равным 55,1%. Это характерно для модулей MD прямого контакта и обусловлено тем, что значительная часть тепла передается через мембрану в результате теплопроводности. В этом отношении MD модули с воздушным слоем более предпочтительны, но для них характерны другие недостатки.

**Таблица 2**

**Результаты расчетов стадии MD**

№	Показатели	Размерность	Величина
1	Расход пермеата, Gд	т/ч	15,4
2	Расход продуваемого концентрата, GMD	т/ч	6
3	Коэффициент упаривания, Ky	-	3,55
4	Средняя температура мембраны, T	К	320,7
5	Коэффициент проницаемости, Vм	кг/(м <sup>2</sup> ·ч·Па)	0,00594
6	Коэффициент активности воды, ав	-	0,9477
7	Удельный расход пермеата, J	кг/(м <sup>2</sup> ·ч)	16,3
8	Площадь поверхности мембраны, Fм	м <sup>2</sup>	945
9	Удельная поверхность мембраны, fм	м <sup>2</sup> /(кг/ч)	61,5
10	К.п.д процесса, η	%	55,1
11	Коэффициент конверсии, Kк	%	72

Компьютерная симуляция процесса MD, связанная с исследованием влияния концентрации солей в горячем контуре на выходные технологические показатели процесса проводилась при тех же прочих начальных условиях. Результаты представлены на рис. 1. Как следует из первого рисунка (рис.1, а), повышение солесодер-

жания питательного раствора приводит к увеличению дополнительного количества дистиллята, полученного из остаточного раствора стадии RO с 12,3 до 17 т/ч (Кривая1). Тогда максимальной концентрации будет соответствовать минимальный расход остаточного концентрата MD, подлежащего предельному выпариванию: 21,4-

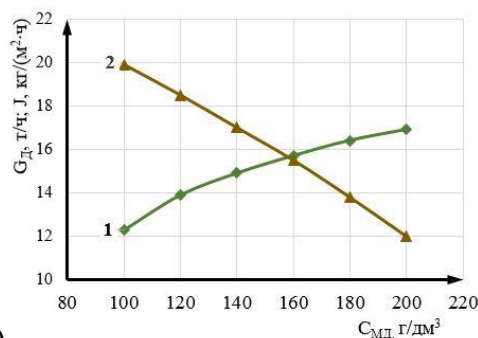
17=4,4 т/ч. А общая конверсия (выход опресненной воды по двум стадиям) составит  $(50+17) \cdot 100 / 71,4 = 94,4\%$ , что является достаточно высоким показателем.

Как следует из того же графика, повышение  $C_{MD}$  приводит к снижению удельной производительности мембраны (Кривая 2) на 40 %: с 20 до 12 кг/(м<sup>2</sup>·ч). Объясняется это тем, что с увеличением  $C_{MD}$  существенно снижаются значения коэффициента активности молекул воды и движущей силы процесса MD: рис. 1, б кривые 3 и 4, соответственно.

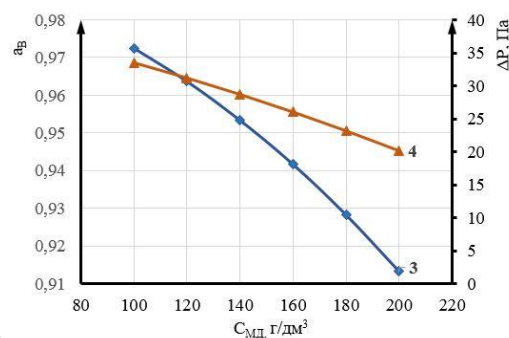
Позитивный факт увеличения выработки опресненной воды с увеличением  $C_{MD}$  в значительной степени нивелируется ростом удельной площади поверхности мембраны (Рис.1,в), поскольку высоким значениям этого показателя соответствуют высокие капитальные затраты. Как следует из данного графика удельная площадь поверхности мембраны (Кривая 5) повышается от 50 до 84 м<sup>2</sup>/(кг/ч) – на 68%. Объясняется это обратной зависимостью  $f_M - J$  (см. формулу 2). Увеличение  $C_{MD}$  способствует также снижению к.п.д. процесса от 60 до 40% (Кривая 6). Такой характер зависимости связан со снижением движущей силы процесса.

Повышение солесодержания остаточного раствора стадии RO с 42 г/дм<sup>3</sup> до 100÷200 г/дм<sup>3</sup> на стадии MD, находит отражение в росте кратности упаривания (Прямая 7, Рис. 1, г). Данный показатель изменяется в пределах 2,4÷4,7 и подчиняется линейному закону. Наблюдается также повышение коэффициента конверсии остаточного раствора стадии RO, особенно заметное в области  $C_{MD}=100 \div 160$  г/дм<sup>3</sup>. Максимальная величина коэффициента конверсии достигает 79%.

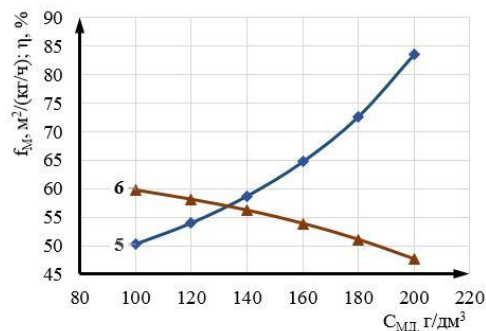
Из обобщенного анализа этих данных следует, что для минимизации остаточного концентрата стадии MD целесообразно осуществлять процесс при высоких значениях  $C_{MD}$ , а с точки зрения минимизации капитальных затрат - наоборот, при низких значениях этого показателя. В связи с этим возникает не



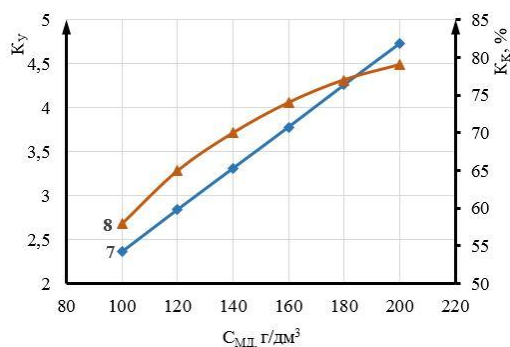
а)



б)



в)



г)

Рис.1. Графики зависимости технологических показателей процесса MD от солесодержания питательного раствора: а) расхода дистиллята (1) и удельной производительности мембраны (2); б) коэффициента активности воды в питательном растворе (3) и движущей силы процесса (4); в) удельной площади поверхности мембраны (5) и к.п.д. процесса (6); г) кратности упаривания подпиточного раствора (7) и коэффициента конверсии этого раствора (8).

обходимость решения оптимизационной задачи, которая является предметом последующих исследований автора.

Как отмечалось выше, следующий этап исследований был посвящен изучению влияния основных технических характеристик мембраны (пористость, радиус пор, толщина) на показатели процесса MD. На рис. 2 приведены данные по совместному влиянию пористости мембраны и солевого содержания питательной воды. Из них следует, что с увеличением пористости мембраны более чем в 3 раза увеличивается удельная производительность мембраны при всех значениях солевого содержания питательной воды (рис. 2,а). Очевидно это связано с тем, что с увеличением пористости мембраны уменьшается ее гидравлическое сопротивление. В соответствии с этим уменьшается площадь удельной поверхности мембраны по закону, близкому к гиперболическому (рис. 2, б). Причем, эта зависимость более выражена для высоких значений солевого содержания питательной воды. В среднем величина  $f_M$  снижается обратно пропорционально  $J$  - более чем в три раза. Поэтому необходимо стремиться к разработке высокопористых мембран.

Разработка и использование таких мембран выгодно и с точки зрения повышения к.п.д. процесса, которая по данным рис.2, в, увеличивается в 1,9 раз, достигая 75÷80%. Увеличение толщины мембраны от 40 до 80 мкм приводит к снижению удельной производительности мембраны до 25 % при  $C_{MD}=100$  г/дм<sup>3</sup> и 7,6 % при  $C_{MD}=200$  г/дм<sup>3</sup> (Рис.3,а). Установленный характер зависимости  $J$  от толщины мембраны, видимо, обусловлен тем, что с увеличением толщины растет сопротивление транспортировке молекул воды через мембрану. Что касается влияния солевого содержания питательного раствора, то, как было показано выше, повышение этого показателя приводит к снижению движущей силы процесса, от которой зависит значение  $J$ .

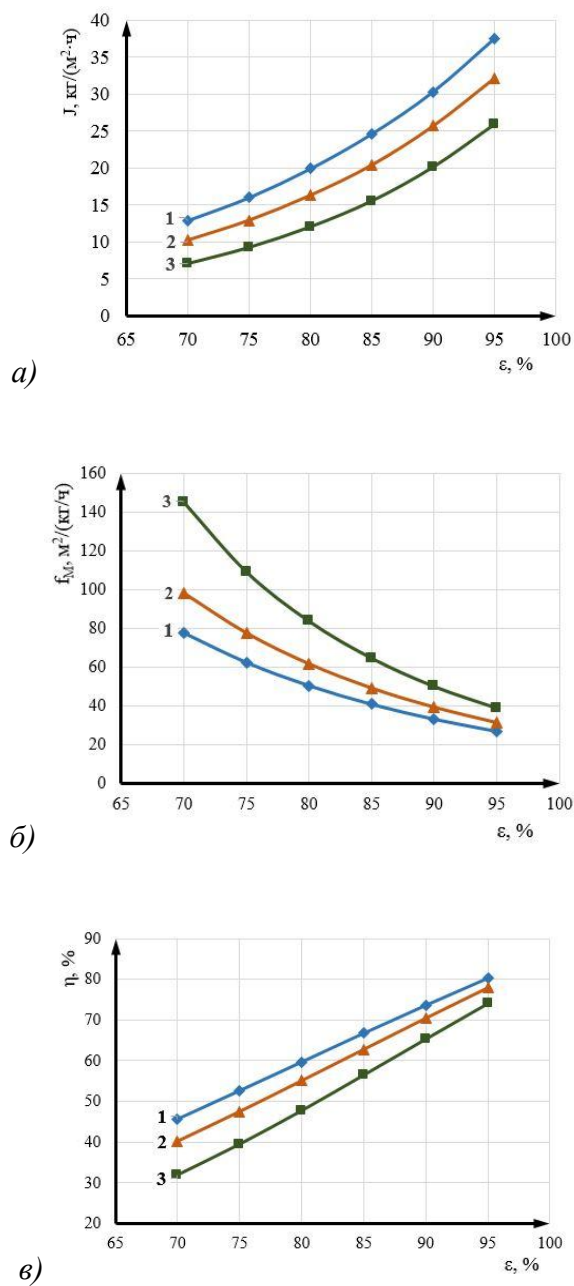


Рис.2. Графики зависимости технологических показателей процесса MD от солевого содержания питательного раствора и пористости мембраны: а) удельной производительности мембраны; б) удельной площади поверхности мембраны; в) к.п.д. процесса. 1 –  $C_{MD}=100$  г/дм<sup>3</sup>; 2 – 150 г/дм<sup>3</sup>; 3 – 200 г/дм<sup>3</sup>.

Обратная зависимость между удельной производительностью и удельной площадью поверхности мембраны приводит к тому, что с повышением толщины

мембраны требуемая площадь увеличивается (рис. 3, б). Вполне очевидно, что растут и связанные с ней капитальные затраты. Поэтому желательно совершенствовать производство мембран в плане минимизации ее толщины.

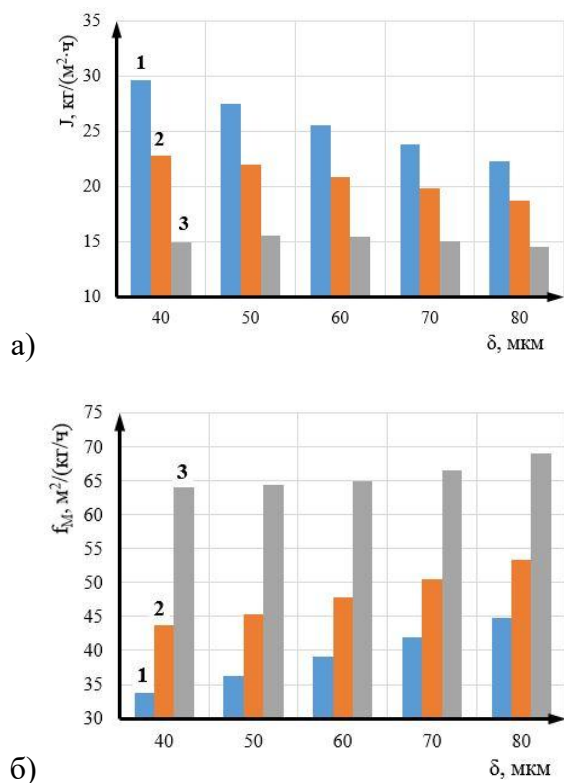


Рис.3. Графики зависимости технологических показателей процесса МД от солевого содержания питательного раствора и толщины мембраны: а) удельной производительности мембраны; б) удельной площади поверхности мембраны; 1 –  $C_{MD}=100 \text{ г}/\text{дм}^3$ ; 2 –  $150 \text{ г}/\text{дм}^3$ ; 3 –  $200 \text{ г}/\text{дм}^3$ .

На проницаемость мембраны влияет и такой важный показатель, как радиус пор. Как показали расчеты, в отличие от других параметров, радиус пор также оказывает существенное влияние на коэффициент проницаемости мембраны и, через него, – на удельную производительность мембраны (рис. 4, а). Увеличение радиуса пор от 0,175 до 0,275 мкм способствует увеличению коэффициента проницаемости на 12%. Примерно на такую же величину повышается удельная производительность и снижается пло-

щадь удельной поверхности мембраны (рис. 4, б). Поэтому желательны мембраны с высокими значениями радиуса пор. Сравнительный анализ влияния технических показателей мембраны на ее удельную производительность показывает, что наиболее существенное влияние оказывает пористость мембраны. Другими словами, в первую очередь необходимо стремиться к производству мембран с высокой пористостью.

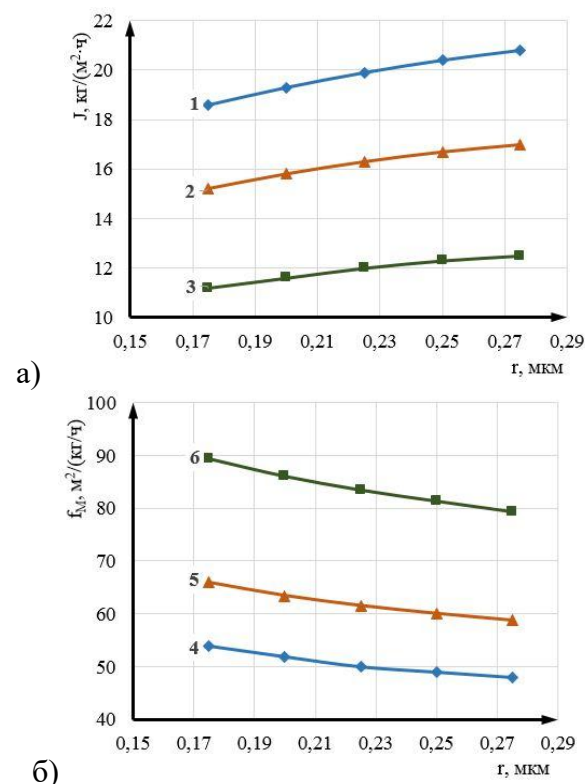


Рис.4 Графики зависимости технологических показателей процесса МД от солевого содержания питательного раствора и радиуса пор мембраны: а) удельной производительности мембраны; б) удельной площади поверхности мембраны; 1 –  $C_{MD}=100 \text{ г}/\text{дм}^3$ ; 2 –  $150 \text{ г}/\text{дм}^3$ ; 3 –  $200 \text{ г}/\text{дм}^3$ .

Важно отметить, что при производстве эффективных мембран с желаемыми техническими характеристиками необходимо учитывать некоторые ограничения: исключить возможность возникновения явления смачивания пор, когда вместо паров воды будут транспортироваться молекулы жидкой фазы вместе с растворенными

ми солями; обеспечить необходимую механическую прочность мембраны и др.

Возвращаясь к вопросу эффективности использования метода MD на стадии утилизации остаточных растворов RO отметим два важных обстоятельства. Во-первых, на стадии MD вырабатывается дополнительное количество пермеата, причем с очень низким содержанием. Поэтому смесь пермеатов RO и MD будет характеризоваться более низким содержанием по сравнению с пермеатом RO. Эти показатели (суммарный расход пермеатов -  $G_{\text{сум}}$  и общее содержание их смеси -  $C_{\text{об}}$ ) были рассчитаны из уравнений материальных балансов. Соответствующие графики зависимости этих показателей от содержания остаточного концентрата стадии MD приведены на рис. 5. Во-вторых, снижение количества остаточного концентрата, подаваемого на дорогостоящую стадию предельного выпаривания будет способствовать снижению удельных приведенных затрат (УПЗ) общего количества пермеата -  $Y$ , которая приблизительно может быть вычислена по следующей формуле:

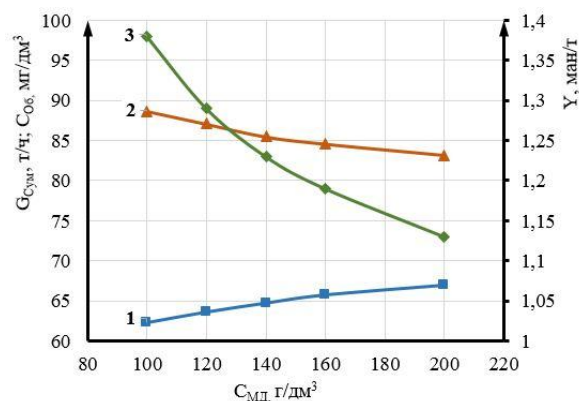
$$Y = (G_{RO} \cdot Y_{RO} + G_{MD} \cdot Y_{MD} + G_{ПВ} \cdot Y_{ПВ}) / (G_{RO} + G_{MD}), \text{ ман/т}$$

где  $G_{RO}$ ,  $G_{MD}$ , и  $G_{ПВ}$  – расходы пермеатов стадий RO и MD, а также остаточного концентрата, подаваемого на стадию предельного выпаривания (ПВ), соответственно, т/ч;  $Y_{RO}$ ,  $Y_{MD}$ ,  $Y_{ПВ}$  – УПЗ соответствующих стадий обработки, ман/т. На основании литературных данных были приняты следующие значения УПЗ отдельных стадий обработки:  $Y_{RO}=1$  ман/т;  $Y_{MD}=0,71$  ман/т;  $Y_{ПВ}=3$  ман/т. Предполагалось, что дистиллят стадии предельного выпаривания будет использоваться на собственные нужды системы.

Результаты расчетов также приведены на рис.6.

Анализ полученных результатов показывает, что с увеличением содержания

жидкости остаточного концентрата суммарный расход пермеатов повышается от 62,3 до 67 т/ч (кривая 1). Одновременно от 88 до 83 мг/дм<sup>3</sup> снижается содержание смеси пермеатов, (кривая 2) против 108 мг/дм<sup>3</sup>, характерной только для пермеата RO (см. таблицу 2). На 18% снижаются также удельные приведенные затраты (кривая 3). Такие характеры зависимостей объясняются тем, что с повышением содержания концентрата увеличивается выработка пермеата стадии MD и уменьшается расход концентрата, подаваемого на предельное выпаривание.



*Рис.5. Графики зависимости суммарного расхода пермеата (1), содержания смеси пермеатов (2) и удельных приведенных затрат (3) от содержания остаточного концентрата стадии MD.*

В заключении автор считает необходимым вернуться к принятому выше упрощающему допущению, о возможности предотвращения образования кальциевых отложений на стадии MD путем ингибирования остаточного раствора RO антискалпингом. Данная гипотеза требует теоретической и экспериментальной проверки. С большой долей вероятности эта гипотеза будет опровергнута и потребуются дальнейшие исследования по разработке условий предотвращения выпадения кальциевых отложений на мембранах.

В настоящих же исследованиях впервые на примере воды Каспийского моря решалась задача по оценке эффективности утилизации остаточных растворов установок обратноосмотического опреснения морской воды методом мембранной дистилляции. И результаты исследований подтверждают эффективность данного подхода.

### **Выводы**

Предлагается технологическая схема, согласно которой методом мембранной дистилляции осуществляется предварительная утилизация остаточного раствора стадии обратноосмотического опреснения воды Каспийского моря. На примере работы обратноосмотической установки, эксплуатируемой на ЭС “Şimal” исследовано влияние солесодержания концентрата стадии мембранной дистилляции на совокупность технологических показателей и показано, что количество остаточного раствора может быть уменьшено с 21,4 т/ч до 4,5 т/ч. Это позволяет, дополнительно, на стадии мембранной дистилляции, выработать от 12,3 до 16,9 т/ч опресненной воды, повысить производительность действующей установки, на 18% снизить удельные приведенные затраты на 1 т пермеата (опресненной воды) и обеспечить экологическую чистоту технологии.

Приоритетными направлениями совершенствования мембран, используемых на стадии мембранной дистилляции являются повышение пористости и радиуса пор, а также уменьшение толщины мембраны. При этом, более приоритетным является повышение пористости мембран.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Ахмедова Д.А. Перспективы использования метода мембранной дистилляции для экологического совершенствования систем опреснения морской воды. Экология и водное хозяйство №4(90), Баку, 2023, стр. 39-46.

2. Enrico Drioli et al. Membrane distillation: Recent developments and perspectives. *Desalination* 356, 2015, p.56–84.
3. Khalifa A. et al // Experimental and theoretical investigation on water desalination using direct contact membrane distillation. *Desalination*. Vol.404, 2017, P.22-34.
4. Əhmədova C.A. // Günəş enerjisindən istifadə etməklə duzlu suların şirinləşdirilmə sistemi və onun hesablama metodikası. *Ekologiya və su təsərrüfatı*, 4, Bakı 2022, İSSN 2518.1513. s.104-111.
5. [www.rosa9.software.informer.com](http://www.rosa9.software.informer.com).
6. Curto D. Franzita, V.Guercio A. // A Review of the Water Desalination Technologies. *Appl. Sci.* Vol. 11, 2021, P. 670.
7. Agamaliev M.M., Ahmadova J.A., Aliyeva O.O. // Waste heat utilization of diesel power plant cooling system for seawater desalination by membrane distillation. *Membran and Membrane Technologies* №4, 2022, ISSN/eISSN 2517-7516/2517-7524 p.48-58, Web of science, Scopus

**Ахмедова Д.А.**

*Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности*

**Анализ результатов процесса  
опреснения морской воды  
экологически эффективным  
мембранно-дистилляционным  
методом**

### **АННОТАЦИЯ**

Для экологического совершенствования технологии обратноосмотического опреснения воды Каспийского моря предлагается получать дополнительный объем опресненной воды путем мембранной дистилляции остаточных растворов. В результате минимизируется количество отработанного концентрата, а также снижаются затраты на полное выпаривание для получения сухих солей.

На примере работы установки обратного осмоса, эксплуатируемого на ЭС «Şimal», показано что, за счет повышения солесодержания остаточного раствора процесса обратного осмоса с 42 г/дм<sup>3</sup> до 100÷200 г/дм<sup>3</sup> на стадии мембранной дистилляции можно получить дополнительно 25÷34% опресненной воды. При этом расход раствора, отдаваемого на полное выпаривание, снижается с 21,4 т/ч до 4,5 т/ч, а удельно-приведенные затраты опресненной воды снижаются на 18%.

**Ключевые слова:** Вода Каспийского моря, Экологические аспекты, Обратный осмос, Мембранная дистилляция, Утилизация сбросных растворов, Графический анализ.

**Əhmədova C.A.**

*Azərbaycan Dövlət Neft  
və Sənaye Universiteti*

**Dəniz suyunun ekoloji səmərəli  
membran distillə üsulu ilə  
şirinləşdirmə prosesinin  
nəticələrinin təhlili**

**XÜLASƏ**

Xəzər dənizi suyunun əksosmoslu şirinləşdirmə texnologiyasının ekoloji baxımdan təkmilləşdirilməsi üçün qalıq məhlullarının membran distillə üsulu ilə əlavə miqdarda şirinləşdirilmiş suyun alınması təklif olunur. Nəticədə tullantı konsentrasiyasının miqdarı minimuma enir və quru duzların alınması ilə tam buxarlanma xərcləri azalır.

“Şimal” ES-də istismar edilən əks-osmos qurğusunun misalında göstərilmişdir ki, membran distillə mərhələsində əks-osmos prosesinin qalıq məhlulunun duzluğunu 42 q/dm<sup>3</sup>-dən 100÷200 q/dm<sup>3</sup>-ə çatdırmaqla, 25÷34% əlavə şirinləşdirilmiş su almaq olar. Bu halda tam buxarlanmaya verilən məhlulun sərfi 21,4 t/saat-dan 4,5 t/saata-dək və şirinləşdirilmiş suyun xüsusi gətirilmiş xərcləri 18% azalır.

**Açar sözlər:** Xəzər dənizi suyu, ekoloji aspektlər, əks-osmos, membran distillə, tullantı məhlulların istifadəsi, qrafiki təhlil.

**Ahmadova J.A.**

*Azerbaijan State Oil and Industry University*

**Analysis of the results of the sea  
water desalination process by an  
ecologically efficient membrane-  
distillation method**

**Abstract**

For the ecological improvement of the technology of reverse osmosis desalination of the Caspian Sea water, it is proposed to obtain an additional volume of desalinated water by membrane distillation of residual solutions. As a result, the amount of waste concentrate is minimized, and the costs of complete evaporation for obtaining dry salts are reduced.

Using the example of the reverse osmosis unit operated at the Şimal power plant, it is shown that, by increasing the salt content of the residual solution of the reverse osmosis process from 42 g/dm<sup>3</sup> to 100÷200 g/dm<sup>3</sup> at the membrane distillation stage, it is possible to obtain an additional 25÷34% of desalinated water. In this case, the consumption of the solution given for complete evaporation decreases from 21,4 t/h to 4,5 t/h, and the specific reduced costs of desalinated water decrease by 18%.

**Keywords:** Caspian Sea water, environmental aspects, reverse osmosis, membrane distillation, disposal of waste solutions, graphical analysis.

*На статью отзыв дал  
доцент кафедры «Технологии производ-  
ства энергии» Азербайджанского госу-  
дарственного университета нефти и  
промышленности Ш.Н. Насиров.*

UOT 666.3

ƏZİMİ M.Z.

*Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti*

## **BETONUN XÜSUSİYYƏTLƏRİNƏ TƏSİR EDƏN ƏSAS KİMYƏVİ ƏLAVƏLƏR**

Beton müasir tikinti materialları arasında ən çox istifadə olunan məhsullardan biridir. Onun yüksək davamlılığı, iqtisadi səmərəliliyi və müxtəlif şəraitlərdə tətbiqi onu vacib edir. Betonun tərkibində sement, su, çınqıl və qum kimi əsas komponentlər mövcuddur. Bu komponentlərin düzgün nisbətlərdə qarışdırılması nəticəsində sərtləşmiş beton kütləsi əldə edilir. Lakin, betonun keyfiyyəti yalnız bu komponentlərin düzgün seçilməsi ilə təmin olunmur. Müasir tikinti proseslərində kimyəvi əlavələrdən də geniş istifadə olunur. Kimyəvi əlavələr betonun xüsusiyyətlərini dəyişdirərək onun performansını artırmaq üçün tətbiq edilir. Betonun erkən sərtləşmə müddətinə təsir edən əlavələr xüsusilə qış şəraitində faydalıdır. Plastik vəziyyətdə olan betonun axıcılığını yaxşılaşdırmaq üçün plastifikatorlardan istifadə olunur. Hava sürükləyən əlavələr betonun donma-ərimə dövründəki davamlılığını artırır. Betonun tərkibinə qatılan suyun miqdarını azaltmaq üçün xüsusi kimyəvi birləşmələr tətbiq olunur. Bu əlavələr betonun sıxlığını artıraraq onun su keçirmə qabiliyyətini azaldır. Tikinti prosesində müxtəlif iqlim şəraitlərinə uyğun əlavələr seçilir. Kimyəvi əlavələr betonun bərkimə müddətini sürətləndirə və ya gecikdirə bilər. Müasir kimyəvi əlavələr betonun ekologiya üçün təhlükəsiz olmasına da zəmanət verir. Betonun istehsalında istifadə olunan əlavələr onun mexaniki xüsusiyyətlərini yaxşılaşdırmağa imkan verir. Tikinti sektorunda betonun müxtəlif tələblərə cavab verməsi vacibdir. Kimyəvi əlavələr betonun çatlamasını azaldır və elastikliyi artırır. Ətraf mühitə uyğun əlavələrin seçilməsi mühüm əhəmiyyət daşıyır. Betonun istehsalı zamanı istifadə olunan əlavələr tikinti müddətini qısaldır. Əlavələrin düzgün tətbiqi betonun istismar müddətini uzadır. Betonun xüsusi məqsədlər üçün istifadəsi zamanı əlavələrin seçimi çox vacibdir. Bet-

nun yüksək temperatur şəraitində dayanıqlığını artırmaq üçün istilik davamlı əlavələrdən istifadə edilir. Bu sahədə tədqiqatlar davam edir və yeni nəsil əlavələr hazırlanır. Betonun iqtisadi səmərəliliyini artırmaq üçün əlavə materialların tətbiqi vacibdir. Kimyəvi əlavələr sayəsində betonun sərtliyinə nəzarət etmək mümkündür. Beton tikililərinin keyfiyyətini artırmaq üçün əlavələrin rolu danılmazdır. Beton üçün kimyəvi əlavələr həm iqtisadi, həm də texnoloji üstünlükləri təmin edir.

Kimyəvi əlavələr betonun tərkibinə qarışdırılaraq onun xüsusiyyətlərini dəyişdirən xüsusi materiallardır. Bu əlavələr betonun keyfiyyətini artırmaq və spesifik funksiyalarını təkmilləşdirmək məqsədilə istifadə olunur. Kimyəvi əlavələrin istifadəsi beton istehsalında daha az xammal istifadəsinə imkan verir. Əlavələr müxtəlif şəraitlərdə betonun bərkimə prosesini tənzimləyir. Betonda çatların yaranmasını minimuma endirmək üçün kimyəvi əlavələrdən istifadə edilir. Beton üçün kimyəvi əlavələr əsasən üç əsas funksiyaya yerinə yetirir: bərkimə, su miqdarı və davamlılıq. Su miqdarını azaldan əlavələr betona sıxlıq və davamlılıq qazandırır. Plastifikatorlar betonun axıcılığını artırır və onun formasının qorumasını təmin edir. Superplastifikatorlar isə yüksək performanslı betonların hazırlanmasında istifadə olunur. Hava sürükləyən əlavələr betonun donmaya qarşı müqavimətini artırır. Sürətləndirici əlavələr betonun qısa müddət ərzində bərkiməsinə kömək edir. Ləngidici əlavələr isə betonun bərkimə müddətini artıraraq daha geniş işləmə müddətini təmin edir. Betonun su keçirməməzliyini artırmaq üçün xüsusi hidrofobik əlavələrdən istifadə olunur. Aşınmaya qarşı davamlılığı təmin edən əlavələr betonun uzunömürlüliyini artırır. Betonun kimyəvi təsirlərə qarşı müqavimətini artır-

maq üçün korroziyaya qarşı əlavələrdən istifadə olunur. Betonun temperatur dəyişikliklərinə uyğunlaşmasını təmin edən termiki əlavələr mövcuddur. Betonun elastikliyi artıran əlavələr tikinti konstruksiyalarında geniş istifadə olunur. İnteqral əlavələr betonun eyni zamanda bir neçə xüsusiyyətini yaxşılaşdırır. Özübərkiyə beton üçün xüsusi dizayn edilmiş kimyəvi əlavələr tətbiq olunur. Yüngül betonun hazırlanmasında xüsusi kimyəvi əlavələrdən istifadə edilir. Betonun xüsusi texnoloji tələblərə cavab verməsi üçün modifikasiyaedici əlavələrdən istifadə olunur. Betonda suyun bərabər paylanmasını təmin edən kimyəvi əlavələr mövcuddur. Əlavələrin düzgün seçilməsi betonun ümumi keyfiyyətinə ciddi təsir göstərir. Kimyəvi əlavələr həm yeni beton hazırlanmasında, həm də mövcud betonun təmiri zamanı istifadə olunur. Bu əlavələrin növləri onların funksiyalarına və tərkiblərinə görə təsnif edilir. Kimyəvi əlavələrdən istifadə edərkən onların betona uyğunluğu öncədən test edilməlidir. Betonun müxtəlif tikinti sahələrində istifadəsinə uyğun əlavələrin seçimi vacibdir. Əlavələr tikinti sahəsində xərcləri azaltmağa kömək edir. Hər bir kimyəvi əlavənin öz spesifik xüsusiyyətləri və tətbiq sahəsi mövcuddur. İnnovativ əlavələr betonun keyfiyyətini artırmaqla yanaşı, ekologiyaya zərəri azaldır. Hazır beton qarışıqlarında əlavələrin tətbiqi istehsal prosesini asanlaşdırır. Əlavələrin dozalanması betonun son xüsusiyyətlərinə birbaşa təsir edir.

Kimyəvi əlavələr betonun keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq və spesifik şəraitlərdə onun istifadəsini asanlaşdırmaq üçün hazırlanmışdır. Bu əlavələr betonun bərkimə müddətinə, möhkəmliyinə və elastikliyinə birbaşa təsir göstərir. Betonun əsas xüsusiyyətləri arasında sıxlıq, möhkəmlik, davamlılıq və su keçiricilik qabiliyyəti mühüm rol oynayır. Kimyəvi əlavələr betonun bu xüsusiyyətlərini istənilən şəkildə dəyişdirə bilər. Ən çox istifadə edilən əlavələrdən biri su azaldıcı plastifikatorlardır. Bu əlavələr betonun hazırlanması zamanı suyun miqdarını azaltmaqla onun sıxlığını artırır. Sıx beton çatlamaya daha az meyilli olur və yüksək davamlılığı

təmin edir. Superplastifikatorlar betonun axıcılığını artıraraq onun asan formalaşdırılmasına imkan yaradır. Hava sürükləyən əlavələr betonun donmaya və əriməyə qarşı dayanıqlığını artırır. Bu əlavələr betonun içində mikrohəcmlə hava boşluqları yaradır. Mikrohəcmlə hava boşluqları betonun donma və ərimə proseslərində genişlənən suyun təsirini azaldır. Sürətləndirici əlavələr betonun sərtləşmə müddətini azaldaraq tikinti prosesini sürətləndirir. Bu xüsusilə soyuq hava şəraitində tikinti işləri aparılarkən mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Ləngidici əlavələr betonun bərkimə müddətini uzadaraq böyük həcmli beton tökmələrində istifadə olunur. Bu əlavələr tikinti prosesində daha çox vaxt və elastiklik təmin edir. Su keçirməyən əlavələr betonun su udma qabiliyyətini azaldır və suyun daxil olmasını əngəlləyir. Bu xüsusiyyət betonun hidrotexniki tikililərdə istifadəsini artırır. Korroziyaya qarşı əlavələr betonun tərkibindəki metal elementlərin paslanmasının qarşısını alır. Bu əlavələr betonun kimyəvi təsirlərə qarşı davamlılığını təmin edir. Aşınmaya qarşı davamlılığı təmin edən əlavələr betonun mexaniki təsirlərə dözümlülüyünü artırır. Termik davamlı əlavələr betonun yüksək temperatur şəraitində deformasiya olmadan işləməsini təmin edir. Elastikliyi artıran əlavələr betonun seysmik zonalarda istifadəsi üçün mühümdür. Özübərkiyə betonlar üçün xüsusi kimyəvi əlavələr beton çatlarının öz-özünə bağlanma qabiliyyətini artırır. Kimyəvi əlavələr betonun çəkiyə görə möhkəmliyini artırmağa kömək edir. Betonun erkən yaş dövründə çatlamasını minimuma endirmək üçün xüsusi əlavələrdən istifadə olunur. Əlavələr həmçinin betonun rəngini və səth keyfiyyətini yaxşılaşdırır. Betonun dekorativ məqsədlər üçün istifadəsi zamanı əlavələrin rolu xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Kimyəvi əlavələr betonun istifadə müddətini artıraraq onun istismar dövrünü uzadır. Həmçinin, betonun ekoloji zərərini azaltmaq üçün əlavələrin seçimi vacibdir. İnnovativ əlavələr betonun istehsalında enerjiyə qənaət etməyə kömək edir. Əlavələrin düzgün tətbiqi betonun ümumi keyfiyyətini və funksionallığını

artırır. Betonun sərtliyini və möhkəmliyini artırmaq üçün yüksək performanslı əlavələrdən istifadə olunur. Kimyəvi əlavələr betonun iş prosesində asan tətbiq olunmasına imkan yaradır. Betonun spesifik layihələrdə istifadəsinə uyğun əlavələrin seçimi vacibdir. Bu əlavələr müxtəlif mühit və iqlim şəraitlərinə uyğun hazırlanır.

Hava sürükləyən əlavələr betonun içərisində mikrohəcmlili hava boşluqları yaradan kimyəvi maddələrdir. Bu boşluqlar betonun donma və ərimə proseslərinə qarşı müqavimətini əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Hava boşluqları betonun daxili təzyiqini azaldaraq çatlama riskini minimuma endirir. Bu əlavələrdən istifadə əsasən sərt iqlim şəraitində tikinti işlərində geniş yayılmışdır. Hava sürükləyən əlavələr betonun içərisindəki suyun donma zamanı genişlənməsinə mane olur. Belə betonlar donma-ərimə dövründə uzunmüddətli davamlılıq göstərir. Hava sürükləyən əlavələr betonun sıxlığını azaldaraq elastikliyi artırır. Bu əlavələr betonun daxilində homogen hava paylanması təmin edir. Hava sürükləyən əlavələr əsasən su əsaslı kimyəvi birləşmələrdən ibarətdir. Bu əlavələrdən istifadə betonun mexaniki xüsusiyyətlərini zəiflətmir. Onlar betonun tökmə prosesi zamanı daha vahid və işlək olmasına kömək edir.

Hava sürükləyən əlavələr betonun səthindəki çatların yaranmasını əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. Bu əlavələr suyun betonun tərkibindən çıxmasını asanlaşdırır və quruma müddətini qısaldır. Betonun daha hamar bir səth əldə etməsi üçün bu əlavələrdən istifadə olunur. Hava sürükləyən əlavələrdən istifadə betonun yüngülləşməsinə təmin edir. Bu, xüsusilə, betonun yüksək yüksəkliklərdə tətbiqi zamanı əhəmiyyətlidir. Hava sürükləyən beton konstruksiyaları daha az çəkili və asan daşınan olurlar. Bu əlavələr betonun daha çox dözümlülüyünü təmin etməklə yanaşı, su keçirmə qabiliyyətini də azaldır. Hava sürükləyən əlavələr betonun rəng sabitliyinə və səth keyfiyyətinə də müsbət təsir edir. Bu əlavələrdən istifadə su və nəm əsaslı təsirlərdən qorunma tələb edən beton konstruksiyalarında vacibdir. Hava sürükləyən beton konstruksiyaları kimyəvi təsirlərə daha davamlıdır.

Belə betonlar tez-tez yol örtükləri, körpülər və digər açıq hava obyektlərində istifadə olunur. Bu əlavələr betonun sərt şəraitlərdə işləmə müddətini əhəmiyyətli dərəcədə uzadır. Hava sürükləyən əlavələr betonun hərəkət qabiliyyətini artıraraq tökmə prosesini asanlaşdırır. Onlar betonun daha homogen bir tərkibdə bərkiməsini təmin edir. Bu əlavələrdən istifadə betonun struktur bütövlüyünü artırır. Betonun istismar müddətini uzatmaq üçün hava sürükləyən əlavələrdən istifadə vacibdir. Bu əlavələrdən istifadə etməklə betonun mexaniki zədələrə qarşı müqaviməti artırıla bilər. Betonun donma və ərimə dövrlərindəki aşınma riski hava sürükləyən əlavələrlə azaldılır. Bu əlavələr betonun su udma qabiliyyətini azaldaraq, onun su keçirmə xüsusiyyətlərini yaxşılaşdırır. Betonun möhkəmliyi ilə yanaşı, onun işləmə qabiliyyətini də artıran bu əlavələr mühüm rol oynayır. Hava sürükləyən əlavələrdən istifadə betonun tərkibindəki kimyəvi reaksiyaları optimallaşdırır. Onlar betonun sərtləşmə müddətini sabitləşdirərək, işləmə müddətində ardıcılığı təmin edir. Hava sürükləyən betonlar tikinti müddətində əlavə emal tələb etmədən daha tez hazırlanır. Bu, tikinti işlərinin sürətlənməsinə və xərclərin azaldılmasına kömək edir.

Su azaldıcı əlavələr betonun hazırlanması zamanı istifadə edilən suyun miqdarını azaltmaq üçün nəzərdə tutulmuş kimyəvi maddələrdir. Bu əlavələr betonun sıxlığını və möhkəmliyini artıraraq onun davamlılığını təmin edir. Su azaldıcı əlavələrdən istifadə betonun çatlama riskini əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. Bu əlavələr betonun işləmə qabiliyyətini artırır və daha homogen qarışığı təmin edir. Su azaldıcı əlavələr betonun tərkibində suyun bərabər paylanmasını asanlaşdırır. Bu əlavələrdən istifadə betonun bərkimə prosesini sürətləndirir və erkən möhkəmlik qazandırır. Betonun su keçirmə qabiliyyətini azaltmaq üçün su azaldıcı əlavələrdən geniş istifadə olunur. Bu əlavələr betonun sərtləşmə müddətinə təsir etmədən onun möhkəmliyini artırır. Su azaldıcı əlavələr, adətən, tikinti prosesində xərcləri azaltmağa kömək edir. Onlar betonun axıcılığını artıraraq tökmə prosesini asanlaşdırır. Su azaldıcı əlavələrdən

istifadə prefabrik beton elementlərinin istehsalında geniş yayılmışdır. Bu əlavələr betonun səthində hamar və çatlamaya davamlı bir nəticə təmin edir. Betonun içərisində suyun buxarlanmasını minimuma endirərək uzunmüddətli dayanıqlıq təmin edilir. Su azaldıcı əlavələrdən istifadə betonun su itkisindən qorunması üçün vacibdir. Onlar betonun ekoloji təsirini azaltmaqla daha davamlı tikinti materialları hazırlanmasına imkan yaradır. Bu əlavələr, əsasən, yüksək keyfiyyətli tikinti konstruksiyalarında tətbiq olunur. Su azaldıcı əlavələr betonun ağır yüklənməyə qarşı müqavimətini artırır. Betonun dekorativ məqsədlərlə istifadəsi zamanı su azaldıcı əlavələrdən geniş istifadə olunur. Onlar betonun rəng sabitliyini və səth keyfiyyətini yaxşılaşdırır. Su azaldıcı əlavələr tikinti sahəsində daha az resurs istifadəsi ilə daha yüksək keyfiyyətli beton hazırlanmasını təmin edir. Bu əlavələr betonun işləmə qabiliyyətini artıraraq onun tökmə müddətini qısaldır. Betonun möhkəmliyini artırmaqla yanaşı, su azaldıcı əlavələr onun kimyəvi təsirlərə qarşı müqavimətini də artırır. Bu əlavələrdən istifadə tikinti prosesində betonun deformasiya riskini azaldır. Su azaldıcı əlavələr betonun homogen bərkiməsini təmin edərək struktur zəifliklərinin qarşısını alır. Onlar betonun tərkibindəki xırda boşluqları azaldaraq su keçirməzlik xüsusiyyəti yaradır. Su azaldıcı əlavələr betonun yüksək temperaturda sabit qalmasını təmin edir. Bu əlavələrdən istifadə xüsusilə isti iqlim şəraitində beton tökmə işlərini asanlaşdırır. Su azaldıcı əlavələrdən istifadə betonun daxili və xarici təsirlərə qarşı dayanıqlığını artırır. Betonun yüklənmə qabiliyyətini artırmaq üçün bu əlavələrdən istifadə vacibdir. Su azaldıcı əlavələr betonun prefabrik elementlərdə daha asan işlənməsini təmin edir. Onlar betonun uzunmüddətli istismar keyfiyyətlərini artırır. Bu əlavələrdən istifadə tikinti prosesinin sürətlənməsinə və işçi resurslarının daha səmərəli istifadəsinə imkan yaradır. Su azaldıcı əlavələr betonun içərisindəki kimyəvi reaksiyaları optimallaşdırır və bərkimə müddətində çatlamaların qarşısını alır. Bu əlavələrdən istifadə betonun təmiri zamanı da geniş yayılmışdır. Onlar mövcud beton səthində homo-

gen birləşməni təmin edərək əlavə konstruksiya möhkəmliyini artırır. Su azaldıcı əlavələr, həmçinin betonun estetik görünüşünü yaxşılaşdırmaq üçün istifadə olunur. Bu əlavələrdən istifadə betonun yüksək keyfiyyətli səth nəticəsi əldə etməsini təmin edir.

#### **ƏDƏBİYYAT**

1. Əliyev İ.M. Beton və beton texnologiyaları. Bakı: "Elm və Təhsil", 2015, səh. 50-65.
2. Quliyev R.Ə., Məhərrəmov S.M. Kimyəvi əlavələrin betonun keyfiyyətinə təsiri. Bakı: "İnşaat Nəşriyyatı", 2018, səh. 23-40.
3. Hüseynov E.Z. (2019). Betonun dayanıqlılığını artıran texnologiyalar. Bakı: "İnşaat Nəşriyyatı", 2019, Səh.120-135.
4. Rzayev A.H. İnşaat materialları və beton texnologiyası. Bakı: "Azərbaycan Dövlət Nəşriyyatı", 2021, səh. 200-215.
5. İsmayılov F.Ə., Hüseynova A.H. Betonun tətbiqi və inşaatda kimyəvi əlavələrin rolu. Bakı: "Elm və Təhsil", 2020, səh. 30-55.

#### **XÜLASƏ**

Kimyəvi əlavələr betona müxtəlif xüsusiyyətlər qazandırmaqla onun ümumi performansını və dayanıqlılığını artırır. Betonun xüsusiyyətlərini yaxşılaşdıran bu əlavələr, xüsusilə korroziya, istilik dəyişmələri, sıxlıq və su keçirmə kimi amillərlə mübarizə aparmağa kömək edir. Betonun dayanıqlılığını artıran kimyəvi maddələr, həmçinin onun möhkəmliyini və uzun ömürlülüyünü təmin edir. Kimyəvi əlavələrdən düzgün istifadə etmək, betonun müxtəlif tətbiq sahələrində uğurlu və təhlükəsiz nəticələr əldə etməyə kömək edir. Betonun daha sabit və etibarlı olmasını təmin edən bu maddələr, həmçinin tikinti işlərinin sürətini artırır və xərcləri azaldır. Bu əlavələrin istifadə olunduğu layihələr daha davamlı və təhlükəsiz olur, bununla yanaşı, ekoloji baxımdan da faydalıdır. Kimyəvi əlavələr, inşaat sənayesində betonun keyfiyyətinin artırılmasında əsas rol oynayır.

**Açar sözlər:** *Kimyəvi əlavələr, hava süürükləyən əlavələr, istilik dağıdıcı, isti hava və sıxlıq əlavələri, dayanıqlığı artıran əlavələr.*

**РЕЗЮМЕ**

**Основные химические добавки,  
влияющие на свойства бетона**

Химические добавки придают бетону различные свойства, повышая его общую производительность и устойчивость. Эти добавки помогают бороться с такими факторами, как коррозия, температурные изменения, плотность и водопроницаемость. Химические добавки, повышающие устойчивость бетона, также обеспечивают его прочность и долговечность. Правильное использование химических добавок способствует достижению успешных и безопасных результатов при различных способах применения бетона. Эти вещества, обеспечивающие большую стабильность и надежность бетона, также ускоряют строительные работы и снижают затраты. Проекты, в которых используются эти добавки, более устойчивы и безопасны, но они также полезны с экологической точки зрения. Химические добавки играют основную роль в повышении качества бетона в строительной отрасли.

**Ключевые слова:** химические добавки, воздухововлекающие добавки, теплоотводящие добавки, добавки для теплого воздуха и плотности, добавки, повышающие прочность.

UOT 621.311.2.22

**ƏLƏSGƏROV G.A., MƏHƏRRƏMOV R.E.**

*Azərbaycan Memarlıq İnşaat Universiteti*  
*gulagha.alasgarov@azmiu.edu.az*

**HÜNDÜRMƏRTƏBƏLİ BİNALARIN İSTİLİK SİSTEMLƏRİNİN  
ENERJİ SƏMƏRƏLİLİYİNİN ARTIRILMASI ÜSULU**

**Giriş.** Bu tədqiqatda fasad dizaynına diqqət yetirmək seçimi bir neçə səbəbdən ibarətdir. Birincisi, BƏƏ-nin yüksək günəş radiasiyası və güclü istilik ilə xarakterizə olunan iqlim şəraiti istilik qazancını və itkisini tənzimləmək üçün effektiv strategiyaları tələb edir. Bina fasadlarının birbaşa olaraq bu şərt-

**SUMMARY**

**Main chemical additives affecting  
the properties of concrete**

Chemical additives impart concrete with various properties, increasing its overall performance and durability. These additives help to combat factors such as corrosion, temperature changes, density, and water permeability. Chemical additives that enhance the durability of concrete also ensure its strength and longevity. Proper use of chemical additives contributes to achieving successful and safe results in various concrete applications. These substances, which provide greater stability and reliability to concrete, also accelerate construction work and reduce costs. Projects that use these additives are more durable and safe, and they are also beneficial from an ecological perspective. Chemical additives play a fundamental role in enhancing the quality of concrete in the construction industry.

**Keywords:** chemical additives, air-entraining additives, heat-dissipating additives, additives for warm air and density, additives that increase strength.

*Məqaləyə AzMIU-nun*  
*“Materialşünaslıq” kafedrasının dosenti,*  
*t.ü.f.d. V.Ü. Şahmarov rəy vermişdir.*

lərə məruz qaldığını nəzərə alsaq, onların dizaynı enerji səmərəliliyinə nail olmaq və soyutma tələblərini azaltmaq üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Nəhayət, enerjiyə qənaətə nail olmaq vasitəsi kimi fasad dizaynını vurğulamaq iqtisadi nəticələrə malikdir, çünki enerji xərc-

lərinin azaldılması bina sahiblərinə və bütövlükdə xalqa fayda verir .

Bu tədqiqat sahə üzrə mövcud biliklərə əsaslanaraq, unikal ekoloji və iqlim kontekstində ikiqat dərilili fasadların dizaynına yönəlmişdir. Soyutma tələbini azaltmaqda ikiqat dəri fasadlarının effektivliyini və potensial faydalarını araşdıraraq, tədqiqatımız bölgənin xüsusi şərtlərinə uyğunlaşdırılmış davamlı tikinti təcrübələrinə töhfə vermək məqsədi daşıyır. Qabaqcıl simulyasiyalar və məlumatlara əsaslanan təhlillər vasitəsilə biz ikiqat dərilili fasadların istilik performansını və enerjiyə qənaət potensialını hərtərəfli qiymətləndiririk. Bu təhlil davamlı tikinti həlləri axtaran memarlar, mühəndislər və siyasətçilər üçün dəyərli fikirlər təqdim edərək, ikiqat dərilili fasadların daxil edilməsi ilə əldə edilən soyutma tələbinin azaldılmasının kəmiyyətini müəyyənləşdirir. Bundan əlavə, tədqiqatımız material xüsusiyyətləri və oriyentasiya kimi parametrləri nəzərə alaraq ikiqat dərilili fasadlar üçün optimal dizayn strategiyalarını müəyyənləşdirir və təhlil edir. İqlimə davamlı həllər təklif etməklə, biz binaların ətraf mühitə təsirini minimuma endirməyə töhfə veririk və BƏƏ-nin dəyişən iqlim nümunələri arasında uzunmüddətli davamlılığı təşviq edirik.

Bir neçə araşdırmaya görə, ikiqat dərilili fasadların (DSF) şüşə xüsusiyyətləri binalarda günəş istilik itkisi və qazancının tənzimlənməsində mühüm rol oynayır. Daxili və xarici şüşələr üçün optik spesifikasiyaların uyğun kombinasiyalarını seçməklə günəş istilik itkisinin böyüklüyünə nəzarət etmək olar.

Açıq mexaniki havalandırılan DSF-lər vəziyyətində, daxili şüşələrin Low-E şüşəsi (aşağı emissiyalı şüşə) ilə əvəz edilməsi adi yay günündə günəş istiliyi qazancını iki dəfə artırır, xarici şüşələri isə 55% azaltmaq günəş istiliyinin 40%-ə qədər azalmasına səbəb ola bilər.

Bununla belə, müxtəlif şüşə həllərini araşdıran hərtərəfli təhlillər yoxdur. Qeyd etmək lazımdır ki, isti iqlimlərdə aşağı aspekt nisbətində (<0,1) malik olmaq boşluqda qızdırılan sərhəd təbəqələri arasında qarşılıqlı təsirə görə ideal deyil, nəticədə optik itkilə-

rin azalması və dar boşluqda çoxsaylı əkslərin artması nəticəsində havanın temperaturu yüksəlir. Əksinə, soyuq ərazilər üçün uyğun olan parametrlərdə daha böyük günəş istiliyi qəbulu və daha yüksək hava temperaturu gözlənilir .

DSF-nin istilik performansını, ilk növbədə, radiasiya vasitəsilə istilik emissiyasından təsirlənir, kölgə sisteminin radiasiya xüsusiyyətləri mühüm rol oynayır. Son statistik tədqiqatlar bu aspekti geniş şəkildə araşdırmışdır. Belə tədqiqatlardan biri aşkar etdi ki, venesiya pərdələrinin ön səthinin ötürülməsinin artırılması daxili mühitə daha az istilik axını ilə nəticələnir .

Bundan əlavə, DSF-nin istilik performansını, boşluğu günəş enerjisindən istifadə vasitəsi kimi nəzərdən keçirməklə daha da artırıla bilər. Buna venesiya pərdələrinin arxa interfeysinin udma əmsalını gücləndirməklə nail olmaq olar ki, bu da daxili mühitə ikiqat əksi azaldır .

DSF-də beş mümkün hava axını yolunu fərqləndirə bilərik: hava axını (giriş/çıxış), istehlak edilmiş hava (daxili-xarici), sabit hava buferi (qapalı quraşdırma), xarici hava pərdəsi (giriş/çıxış) və daxili hava pərdəsi hava axını yolu .

Daxili hava pərdəsinin tərəvətləndirici yanaşması üçün otaqdakı istilik qazancının daha da artması işlənmiş tunellərdən əldə edilə bilər.

Standart qış mövsümündə və hava təchizatı ventilyasiya sxemi ilə verilən havanın istiləşməsi istilik itkisi və günəş istiliyinin konsentrasiyası səbəbindən təxminən 20 santigrat kimi günəşli günlərdə kritik ola bilər. Günəş radiasiyasının olmadığı dövrlərdə verilən havada temperaturun artması mülayimdir. Belə hava çəkisi qışda istilik rezolyusiyaları üçün istifadə oluna bilər, beləliklə, yerin istiləşməsi üçün enerji istifadəsinin artmasına səbəb olur.

Çoxmərtəbəli DSF tipinə diqqət yetirmək seçimi onun artan populyarlığı və hündürmərtəbəli binalarda enerjiyə qənaət potensialı ilə əsaslandırılır. Çoxmərtəbəli DSF-lər gücləndirilmiş istilik izolyasiyası, günəş nəzarəti və estetik imkanlar kimi üstünlüklər

təklif edir. Bu DSF növünü öyrənməklə, bu tədqiqat kontekstində onun istilik performansını və optimallaşdırılması ilə bağlı dəyərli fikirlər təqdim etmək məqsədi daşıyır.

Bundan əlavə, boşluq eni və şüşə növünün seçilmiş dəyişənləri DSF-lərin dizaynında və performansında mühüm mülahizələrdir. Boşluğun eni fasad sistemində hava axınına, konvektiv istilik ötürülməsinə və təbii ventilyasiyaya təsir göstərir. Müxtəlif boşluq genişliklərinin təsirini təhlil edərək, bu tədqiqat praktiki məhdudyyətləri nəzərə alaraq istənilən istilik performansına nail olan optimal diapazonu müəyyən etmək məqsədi daşıyır.

Şüşə növünə diqqət yetirmək seçimi onun DSF-nin istilik ötürülməsi, günəş nəzarəti və gün işığı xüsusiyyətlərinə əhəmiyyətli təsirindən irəli gəlir. Aşağı Emissiyalı (Low-E) şüşə, rəngli şüşə və ya digər xüsusi örtüklər kimi müxtəlif şüşə növləri müxtəlif istilik xüsusiyyətləri nümayiş etdirir. Müxtəlif şüşə növlərinin DSF-lərin istilik performansına təsirini araşdıraraq, bu tədqiqat enerji səmərəliliyini və sərnəşinlərin rahatlığını optimallaşdıran uyğun şüşə həllərinin seçilməsi ilə bağlı fikirlər təmin etmək məqsədi daşıyır.

Bu xüsusi aspektlərə əhatə dairəsini daraltmaqla, bu tədqiqat yan boşluq vahidi ilə çoxmərtəbəli DSF-nin performansını təhlil etmək və qiymətləndirmək məqsədi daşıyaçaqdır. Bu tədqiqat boşluq bölməsinin ölçüsü və konfigurasiyası və şüşə materialların seçimi kimi müxtəlif dizayn parametrlərinin təsirini araşdıracaqdır.

### **Nəticə**

İçərisində ikiqat şüşə təbəqədən və xaricdə Low-E təbəqəsindən ibarət 35 sm boşluğa malik çoxmərtəbəli ikiqat dərilili fasadın tədqiqi digər sınaqdan keçirilmiş dəyişənlərlə müqayisədə U dəyərini və soyutma istehlakını azaltmaq baxımından əhəmiyyətli faydalar nümayiş etdirdi. Bu xüsusi şüşə növü soyutma enerjisindən istifadənin nəzərəcar-pacaq dərəcədə azalmasına səbəb oldu.

Studiya blokunda dəyişən cərəyan enerji sərfiyyatı 551 kVt/saatdan 490 kVt/saata qədər azalıb. Eynilə, daha geniş şüşəli fasadlı bir otaqlı blokda soyutma istehlakı daha əhəmiyyətli dərəcədə azalıb, 948 kVt-dan 758,4 kVt/saata enib, bu da enerji istehlakının 20% azalması deməkdir. Bəzi aylarda azalma faizi 25%-ə çatırdı. İki otaqlı qurğu üçün pik vaxtlarda AC enerjisi 25% azaldı, istehlak 1345 kVt-dan 1076 kVt-a düşdü.

Şüşələmə sahəsi və U dəyəri də daxil olmaqla şüşə xüsusiyyətlərinin seçimi AC enerji istehlakının azaldılmasında və rahat istilik performansının təmin edilməsində həlledici rol oynayır. Qeyd etmək lazımdır ki, ikiqat dərilili fasadın (DSF) effektivliyi iqlimdən asılı olaraq dəyişə bilər. Simulyasiya nəticələri isti aylarda AC enerjisinin əhəmiyyətli dərəcədə azaldığını göstərsə də, il ərzində daha soyuq aylarda enerji istehlakında mütləq azalma müşahidə edilməmişdir. Buna baxmayaraq, DSF dizaynı ilin çox hissəsi üçün 21°C-dən 26°C-yə qədər rahat temperatur diapazonunu saxladı, nəticədə sakinlər üçün enerji xərcləri azaldı. Bundan əlavə, tədqiqatın nəticələri tərtibatçılar üçün cəlbedici reklam rolunu oynayır, DSF binalarının enerjiyə qənaət edən üstünlüklərini vurğulayır, dizaynerlərə müasir və unikal dizaynlar yaratmaq imkanları verir və qərar qəbul edənlərə enerji qənaətindən birbaşa gəlir əldə etməyi təklif edir.

Yaşayış hündürlükdəki binasında boşluq eni 35 sm olan ikiqat dərilili çoxmərtəbəli tipli fasadın inteqrasiyası ətraf mühitə uyğunluğu artırdı və təbii ventilyasiya sisteminin daxil edilməsi ilə mexaniki ventilyasiyadan asılılığı azaldı. İkiqat örtüklər fasadın aşağı hissəsində havanın onların arasında axmasına və yuxarıdan çıxmasına imkan verir, təbii ventilyasiya üçün küləyin təzyiqindən istifadə edir.

Bu araşdırmada ikiqat dərilili fasadların seçiminə təsir edən bir parametreyə diqqət yetirdiyimiz üçün gələcək tədqiqatlar üçün əlavə amilləri nəzərə almaq vacibdir. İkiqat dərilili fasadların faydalılığını əlavə qiymətləndirmək üçün fayda-xərc təhlillərinin aparılması və belə fasadların istifadəsinin iqtisadi

səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi tövsiyə olunur. Bu təhlil müxtəlif amilləri, o cümlədən xərclər və zamanla qənaət edilən enerji faizini nəzərə alacaq. Bundan əlavə, keçiricilik və gün işığı kimi dəyişənlərin araşdırılması ikiqat dərilil fəsadların enerji istilik performansının artırılmasına kömək edə bilər.

Bu araşdırmanın nəticələrinə əsaslanaraq və davamlı bina dizaynı üçün ikiqat dəri fəsadlarının (DSF) istifadəsini daha da inkişaf etdirmək üçün biz aşağıdakı tövsiyələri təklif edirik:

**Müxtəlif İqlimlərdə Fəaliyyətin Qiymətləndirilməsi:** Müxtəlif iqlim bölgələrində DSF-lərin performans qiymətləndirmələrinin aparılması onların effektivliyi və uyğunlaşma qabiliyyəti ilə bağlı dəyərli fikirlər verə bilər. Fərqli iqlimlər DSF-lərin istilik performansına və enerjiyə qənaət potensialına fərqli təsir göstərə bilər. Buna görə də, müxtəlif coğrafi yerlərdə tətbiq oluna bilməsini təmin etmək üçün həm isti, həm də soyuq iqlimlərdə onların fəaliyyətini qiymətləndirmək vacibdir.

**Həyat Dövrü Xərclərinin Təhlili:** Gələcək tədqiqatlar binanın bütün ömrü boyu DSF-lərdən istifadənin iqtisadi məqsədəuyğunluğunu qiymətləndirmək üçün həyat dövrü xərclərinin təhlilini əhatə etməlidir. Bu təhlil yalnız ilkin quraşdırma xərclərini deyil, həm də texniki xidmət, təmir və əməliyyat xərclərini nəzərə almalıdır. DSF-lərin uzunmüddətli iqtisadi faydalarının qiymətləndirilməsi qərar qəbul edənlərə və investora dayanıqlı tikinti layihələri üçün məlumatlı seçim etməkdə kömək edəcək.

**Ağıllı Texnologiyaların İntegrasiyası:** Enerjiyə qənaət potensialını daha da artırmaq üçün avtomatlaşdırılmış kölgə sistemləri və adaptiv şüşələmə kimi ağıllı texnologiyaların DSF-lərlə integrasiyasını araşdırın. Ağıllı idarəetmə sistemləri təbii ventilyasiyanı, gündüz işığı və istilik performansını optimallaşdıraraq binanın səmərəli və rahat işləməsini təmin edə bilər.

**Material Seçimi və Davamlılıq:** DSF-lərdə istifadə olunan materialların ətraf mühitə təsirini qiymətləndirin və davamlı alternativləri araşdırın. Ekoloji cəhətdən təmiz materialların seçilməsi DSF-lərin ümumi da-

vamlılığına töhfə verə bilər və yaşıl tikinti prinsipləri ilə uyğunlaşa bilər.

**Boşluq eninin optimallaşdırılması:** DSF-lərin istilik performansına müxtəlif boşluq genişliklərinin təsirini araşdırın. Boşluğun eninin optimallaşdırılması daha çox enerji qənaətinə və ümumi performansın yaxşılaşmasına səbəb ola bilər.

**Bərpa Olunan Enerji Mənbələri ilə İntegrasiya:** DSF-lərin günəş fotovoltaiq panelləri və ya külək turbinləri kimi bərpa olunan enerji mənbələri ilə integrasiyasının mümkünlüyünü qiymətləndirin. Bu sinerji binanın enerji səmərəliliyini artırır və təmiz enerji istehsalına töhfə verə bilər.

**Real-dünya Case Studies: Simulyasiya** nəticələrini təsdiqləmək və bu sistemlərin praktiki nəticələrini daha da başa düşmək üçün DSF-lərlə mövcud binaların real dünya nümunələri üzrə tədqiqatlar aparın. Bu cür nümunə araşdırmaları gələcək DSF dizaynları və tətbiqi üçün dəyərli rəy və öyrənilmiş dərsləri təmin edə bilər.

## **ƏDƏBİYYAT**

1. Jamil, M.; Ahmad, F.; Jeon, Y.J. Renewable energy technologies adopted by the UAE: Prospects and challenges—A comprehensive overview. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2016, 55, 1181–1194. [Google Scholar] [CrossRef]
2. Pelletier, K.; Wood, C.; Calautit, J.; Wu, W. The viability of double-skin façade systems in the 21st century: A systematic review and meta-analysis of the nexus of factors affecting ventilation and thermal performance, and building integration. *Build. Environ.* 2022, 228, 109870. [Google Scholar] [CrossRef]
3. Albatayneh, A.; Alterman, D.; Page, A.; Moghtaderi, B. The significance of building design for the climate. *Rigas Teh. Univ. Zinat. Raksti* 2018, 22, 165–178. [Google Scholar] [CrossRef]
4. Shahdan, M.S.; Ahmad, S.S.; Hussin, M.A. External shading devices for energy efficient building. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*;

- IOP Publishing: Bristol, UK, 2018; Volume 117, p. 012034. [Google Scholar]
5. Vassiliades, C.; Agathokleous, R.; Barone, G.; Forzano, C.; Giuzio, G.; Palombo, A.; Buonomano, A.; Kalogirou, S. Building integration of active solar energy systems: A review of geometrical and architectural characteristics. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2022, 164, 112482.

**Ələsgərov G.A., Məhərrəmov R.E.**

*Azərbaycan Memarlıq İnşaat Universiteti.*

*gulagha.alasgarov@azmiu.edu.az*

**Hündürmərtəbəli binaların istilik sistemlərinin enerji səmərəliliyinin artırılması üsulu**

### **XÜLASƏ**

Bu tədqiqat yüksək mərtəbəli yaşayış binalarında enerji səmərəliliyini araşdırır, burada şüşə binaların fasadlarından istifadənin artması istilik qazanması səbəbindən kondisioner xərclərinin artmasına səbəb olur. Tədqiqat davamlılıq və innovativ dizayn prinsiplərini özündə birləşdirərək enerji istehlakını minimuma endirmək üçün şüşə növünün və şüşə fasadlar arasında uyğun boşluğun qiymətləndirilməsinə yönəlib. Bu məqsədlərə nail olmaq üçün bu işdə daxili soyutma yükü tələblərini yerinə yetirmək və sakinlərin ehtiyaclarını ödəmək üçün xarici iqlim şəraitinə uyğunlaşan yüksək performanslı fasad olan Cüt Dəri Fasad (DSF) istifadə olunur. Məlumatlar seçilmiş yaşayış binasının sakinləri arasında paylanmış onlayn sorğu vasitəsilə toplanmış və toplanmış məlumatları təhlil etmək üçün keyfiyyət və kəmiyyət yanaşmalarından istifadə edilmişdir. Mövcud məlumatlardan və mövcud təfərrüatlardan istifadə edərək Təhlil enerji səmərəliliyini əhəmiyyətli dərəcədə artıran optimal DSF dizaynını müəyyən etmək məqsədi daşıyırdı. Bu tədqiqatın nəticələri yüksək mərtəbəli yaşayış binalarında optimal DSF dizaynının enerji səmərəliliyinə əhəmiyyətli təsirini vur-

ğulayır. Mövcud məlumatları modelləşdirmək və onları hər bir dəyişən üçün yeni model nəticələri ilə müqayisə etməklə, bu tədqiqat göstərir ki, daxili hissədə ikiqat şüşəli tək dəri təbəqəsindən və xarici təbəqə kimi Low-E ikiqat şüşəli tək dəri təbəqəsindən ibarət 35 sm boşluğa malik DSF kondisionerinin ümumi enerji istehlakını 25%-dən çox azalda bilər. Bu nəticələr isti iqlimlərdə çoxmərtəbəli yaşayış binalarının təqdim etdiyi unikal enerji problemlərini həll etmək üçün DSF-nin tətbiqi ilə bağlı dəyərli fikirləri təmin edir.

**Açar sözlər:** ikiqat dəri fasad; yüksək enerji performanslı bina; isti iqlim; hündürmərtəbəli yaşayış binaları

**Alasgharov G.A, Maharramov R.E.**

*Azerbaijan University of Architecture and Construction*

*gulagha.alasgarov@azmiu.edu.az*

**Method of increasing the energy efficiency of heating systems of high-rise buildings**

### **SUMMARY**

This study investigates energy efficiency in high-rise residential buildings, where the increased use of glass building facades leads to increased air conditioning costs due to heat gain. The study focuses on evaluating the type of glass and the appropriate spacing between glass facades to minimize energy consumption by incorporating sustainability and innovative design principles. To achieve these objectives, this study uses a Double Skin Facade (DSF), a high-performance facade that adapts to external climatic conditions to meet internal cooling load requirements and meet the needs of residents. Data were collected through an online survey distributed among residents of a selected residential building and qualitative and quantitative approaches were used to analyze the collected data. Using the available data and available details, the analysis

aimed to identify the optimal DSF design that significantly improves energy efficiency. The results of this study highlight the significant impact of optimal DSF design on energy efficiency in high-rise residential buildings. By modeling existing data and comparing them with new model results for each variable, this study shows that a 35 cm gap DSF consisting of a single skin of double glazing on the inner side and a single skin of Low-E double glazing on the outer side can reduce the total energy consumption of the air conditioner by more than 25%. These results provide valuable insights into the application of DSF to address the unique energy challenges presented by multi-story residential buildings in hot climates.

**Keywords:** *double-skin facade; high energy performance building; hot climate; high-rise residential buildings*

**Аласкеров Г.А., Магерамов Р.Е.**

*Азербайджанский Университет Архитектуры и Строительства*

*Email: gulagha.alasgarov@azmiu.edu.az*

**Способ повышения  
энергоэффективности систем  
отопления высотных зданий**

## **РЕЗЮМЕ**

В данном исследовании рассматривается энергоэффективность высотных жилых зданий, где более широкое использование стеклянных фасадов приводит к увеличению расходов на кондиционирование воздуха из-за притока тепла. Исследование было сосредоточено на оценке типа стекла и соответствующего расстояния между стеклянными фасадами для минимизации потребления энергии с учетом принципов устойчивого развития и инно-

вационного дизайна. Для достижения этих целей в проекте используется двухслойный фасад (DSF) - высокоэффективный фасад, который адаптируется к внешним климатическим условиям, чтобы соответствовать требованиям к внутренней нагрузке на охлаждение и удовлетворять потребности жильцов. Данные были собраны посредством онлайн-опроса, распространенного среди жителей выбранного жилого дома, а для анализа собранных данных использовались качественные и количественные подходы. Анализ был направлен на определение оптимальной конструкции DSF, которая значительно повышает энергоэффективность, используя имеющиеся данные и подробную информацию. Результаты данного исследования подчеркивают существенное влияние оптимального проектирования DSF на энергоэффективность высотных жилых зданий. Путем моделирования существующих данных и сравнения их с результатами новой модели для каждой переменной данное исследование показывает, что DSF с зазором 35 см, состоящим из одного слоя двойного остекления с внутренней стороны и одного слоя низкоэмиссионного двойного остекления в качестве внешнего слоя, может снизить общее потребление энергии кондиционером более чем на 25%. Эти результаты дают ценную информацию о применении DSF для решения уникальных энергетических проблем, возникающих в высотных жилых зданиях в теплом климате.

**Ключевые слова:** *двухслойный фасад; здание с высокой энергоэффективностью; теплый климат; высотные жилые здания.*

*Məqaləyə AzMIU-nun "Mühəndis sistemləri və qurğuları" kafedrasının dosenti, t.e.n. G.H. Feyziyeva rəy vermişdir.*

UOT: 725.73

<sup>1</sup>MURADOV İ.İ., <sup>2</sup>ƏLİYEVƏ G.R.

<sup>1</sup>Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti

<sup>2</sup>ADSEA yanında Suların İstifadəsinə və Mühafizəsinə Dövlət Nəzarət xidməti tabeliyində SEDAM MMC-nin Kadastr və Uçot şöbəsi

[isamuradov@azmiu.edu.az](mailto:isamuradov@azmiu.edu.az), E-mail: [gr.alizadeh@mail.ru](mailto:gr.alizadeh@mail.ru)

## İQLİM DƏYİŞMƏLƏRİNİN AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASINDAKI SU RESURLARINA TƏSİRİ VƏ İQLİM DƏYİŞMƏLƏRİNİN QARŞISININ ALINMASI MƏQSƏDİ İLƏ ALTERNATİV SU MƏNBƏLƏRİNİN İSTİFADƏSİ

**Giriş.** Hazırda iqlim dəyişmələri dünyanı narahat edən qlobal problemlərdən biridir. Məlum olduğu kimi, XVIII əsrdən etibarən başlayan sənayeləşmə dövründən, xüsusən də XX əsrin ortalarından sonra Yer kürəsinin iqlim sistemində çox böyük mənfi təsirlər göstərilmiş, digər atmosfer tullantıları ilə yanaşı, istixana effekti yaradan qazların qlobal miqyasda sürətli artımı baş vermişdir.

Azərbaycan da qlobal iqlim dəyişmələrinin təsirindən kənarda qalmamışdır. Son 100 ildə Azərbaycan ərazisində orta illik temperatur 0,4-1,3<sup>0</sup>C-yə qədər artmışdır. İqlim dəyişmələri fonunda Azərbaycan daşqınlar, qar uçqunları, tufanlar, qasırğalar, dalğalanmalar, güclü küləklər, istiliklər, quraqlıqlar, buzlaqların əriməsi, şoranlaşma, torpaqların deqradasiyası, səhrələşmə, yağıntılıların və su ehtiyatlarının azalması və s. bu kimi ekstremal iqlim hadisələrinin təsirlərinə məruz qalır.

Azərbaycanın su ehtiyatları Cənubi Qafqazın digər ölkələri ilə müqayisədə məhduddur və bütöv regiondakı su ehtiyatının yalnız 15 %-ni əhatə edir.

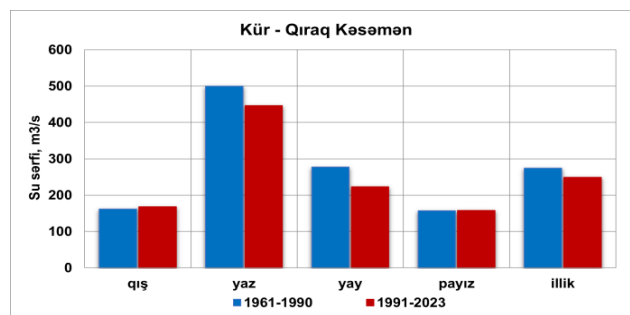
Ölkənin yerüstü su ehtiyatlarının mənbələrini çaylar, göllər, su anbarları və buzlaqlar təşkil edir. Yerüstü su ehtiyatları əsasən çaylarda cəmlənmişdir. Çay sularının ehtiyatlarının 67-70%-i qonşu ölkələrin ərazisində, qalanı isə (yerli axım) ölkəmizin daxili çaylarında formalaşır. Çay sularının ümumi təbii ehtiyatları 28,5-30,5 km<sup>3</sup>, qonşu ölkələrdən transsərhəd çaylarla daxil olan su ehtiyatları 19,0-20,5 km<sup>3</sup>, yerli axım 9,5-10,0 km<sup>3</sup> təşkil edir.

Quraqlıq illərdə su ehtiyatları 22,6-27,0 km<sup>3</sup>-ə qədər azalır. Müvafiq olaraq, bu suların 17,1-14,3 km<sup>3</sup> transsərhəd çaylarına aiddir. Kür və Araz çaylarının su ehtiyatları qonşu ölkələrin ərazisində istifadəsi nəticəsində 20%-ə qədər azaldılır. Bu da ölkədə su çatışmazlığının artmasına gətirib çıxarır (ildə təqribən 4-5 km<sup>3</sup>) və Azərbaycanda su tələbatının ödənilməsində çətinlik yaradır.

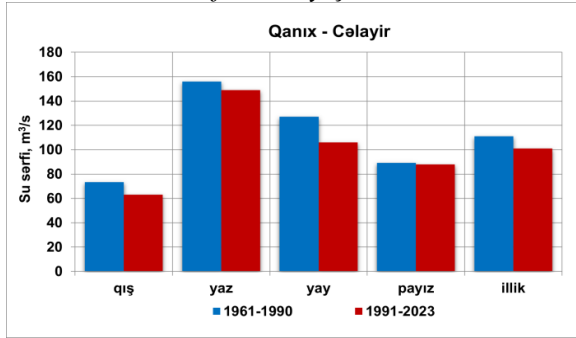
İqlim dəyişmələrinin təsiri nəticəsində su ehtiyatlarımız son onilliklərdə azalmışdır və beynəlxalq iqlim modellərinə əsasən onların gələcəkdə də azalma ehtimalı var. Ölkə əhalisinin artması, iqtisadiyyatın müxtəlif sahələrinin inkişafı və suvarılan kənd təsərrüfatı sahələrinin genişlənməsi səbəbindən suya olan tələbat artan tempə irəliləyir.

Son 33 ildə yerli çaylarda 1991-2023-cü illərdə sululuğun 1961-1990-cı illərlə müqayisəli 5,0 %-dən 21,2 %-dək, Transsərhəd çaylarda isə 9,1%-dən 21%-dək azalmışdır.

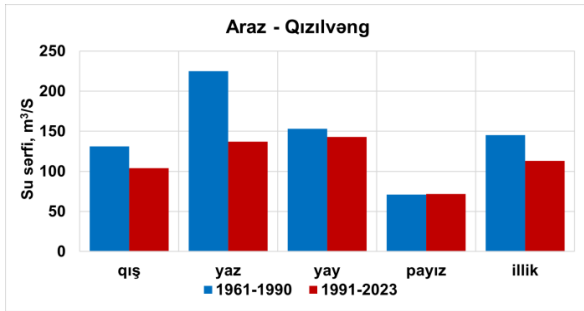
Tranzit çaylarda 1991-2023-cü illərdə illik orta su sərfinin 1961-1990-cı illərlə müqayisədə dəyişməsi.



Şəkil 1: 1961-1990, 1991-2023-cü illər üzrə Kür çayının Qıraq Kəsəmən məntəqəsinin su sərfinin dəyişməsi.



Şəkil 2: 1961-1990, 1991-2023-cü illər üzrə Qanix çayının Cələyir məntəqəsinin su sərfinin dəyişməsi.



Şəkil 3: 1961-1990, 1991-2023-cü illər üzrə Araz çayının Qızılçəng məntəqəsinin su sərfinin dəyişməsi.

Yuxarıda göstərilən məlumatlardan da göründüyü kimi iqlim dəyişmələrinin təsiri nəticəsində su resurslarının səviyyəsinə ciddi şəkildə azalmalar baş vermişdir. Su təbii sər-vət olmaqla bərabər, həyatın davamı üçün zəruri olan əsas mənbələrdən biridir. Xüsusilə son illərdə əhali artımı, urbanizasiya və iqlim dəyişikliyinə təsiri ilə təbii su ehtiyatları tükənməkdədir. Bu isə həm məişət, həm kənd təsərrüfatı, həm də sənaye sektoru üçün ciddi çağırışlar yaradır. Bu səbəbdən alternativ su mənbələrinin axtarışı aktual mövzularından birinə çevrilmişdir. Bu baxımdan damüstü yağış sularının yığılması əhəmiyyətli və ekoloji baxımdan səmərəli bir üsuldür. Dünyada artan əhali, tükənən təbii resurslar və ekoloji problemlər səbəbindən artıq bir çox sahədə ənənəvi yanaşmalar kifayət etmir. Bu səbəbdən də insanlar müxtəlif sahələrdə – enerji, nəqliyyat, kənd təsərrüfatı

və su təminatı kimi – alternativ yollar axtarmağa başlayıblar.

Su məsələsində də dünya yeni yollar axtarır. Son illərdə ölkəmizdə su ehtiyatlarının tədricən azalması və su qıtlığı problemi getdikcə daha çox hiss olunur. Əkinçiliklə məşğul olan bölgələrdə suvarma suyu çatışmır, bəzi şəhər və kəndlərdə isə əhali içməli su problemi ilə üz-üzə qalır. İqlim dəyişikliyi, yağıntılıların azalması və suların düzgün idarə olunmaması bu vəziyyəti daha da çətinləşdirir. Belə bir şəraitdə artıq ənənəvi su mənbələri ilə kifayətlənmək mümkün deyil və biz alternativ yollar axtarmalıyıq. Ənənəvi su mənbələrinin kifayət etmədiyi yerlərdə insanlar artıq **alternativ su mənbələrinə** yönəlir.

Alternativ su mənbələrinə aşağıdakı nümunələri misal göstərmək olar

- 1. Suyun duzsuzlaşdırılması:** Dəniz suyunun duzlardan təmizlənərək içməli və ya texniki suya çevrilməsi prosesidir.
- 2. Yağış sularının yığılması:** Dam örtüklərindən və digər səthlərdən toplanan yağış suyunun saxlanması və istifadəsi.
- 3. Təkrar emal olunmuş su:** Təmizlənmiş tullantı sularının ikinci dəfə (texniki məqsədlər, kənd təsərrüfatı və s.) istifadəsi.
- 4. Boz suyun yenidən istifadəsi:** Duşdan, paltaryuyan maşından gələn, amma kanalizasiya çirkabına qarışmayan suların təkrar istifadəsi
- 5. Qar və buzun əridilməsi:** Ərimiş qar və buz sularından içməli və kənd təsərrüfatı suyu kimi istifadə.
- 6. Duman tutma texnologiyası:** Xüsusi torlar vasitəsilə duman içindəki su damcılarının toplanaraq maye suya çevrilməsi.
- 7. Atmosferdən su çıxarılması:** Havada olan rütubətin xüsusi cihazlarla toplanaraq suya çevrilməsi.

Dünyanın bir çox yerlərində alternativ su mənbəsi kimi yağış sularından istifadə olunur. Yağış suyu atmosferdəki su buxarının soyuyaraq kondensasiya olması nəticəsində buludlardan yerə düşən mayedir. Kondensasiyası nəticəsində əmələ gəlmiş üçün təbii olaraq təmiz sayılır. Həmçinin yağış sularından istifadə metodu digər alternativ

metodlardan daha ucuz başa gəlir. Yağış suyunun toplanaraq istifadə olunması, həm gigiyenik baxımdan təhlükəsiz, həm də iqtisadi və ekoloji baxımdan olduqca sərfəlidir. Sadə filtrləmə sistemləri ilə bu suyu texniki məqsədlərlə rahatlıqla istifadə etmək mümkündür. Bu, həm suya qənaət edir, həm də təbiəti qorumağa kömək edir.

**Yağış suyu yığma üsulu.** Son illərdə yağış suyu yığma çox populyarlaşmışdır. Yağış suyu yığma, nisbi təmiz səthlərdən, məsələn, damlardan, yağıntuları toplamaq, ötürmək və saxlamaq üçün davamlı, iqtisadi və təhlükəsiz bir texnologiya/metoddur. Ümumiyyətlə, su yağış suyu tankında saxlanılır. Bu, su çatışmazlığı dövründə alternativ su mənbəyi kimi xidmət edir. Saxlanılan yağış suyunu ev təsərrüfatı, komməriya və ya kənd təsərrüfatı məqsədləri üçün istifadə etmək mümkündür, məsələn: suvarma, açıq sahə təmizlənməsi, tualetlərin yuyulması, paltarların yuyulması və hətta içməli su kimi. Yağış suyu yığma su böhranı ilə mübarizə aparmağa qadirdir. Effektiv və yüksək keyfiyyətli yağış suyu yığma sistemləri, düzgün təlimat və texnologiyalarla bütün su ehtiyaclarını toplayır və suyu gələcək istifadə üçün qoruyur (<https://neoakruthi.com/blog/rainwater-harvesting-methods.html>).

**Yağış suyu yığma sisteminin əhəmiyyəti.** Yağış suyu yığma, bir çox cəhətdən əhəmiyyətlidir. Ən əsas səbəb, su çatışmazlığından qurtulmağa kömək etməsi və düzgün şəkildə toplanıb saxlanıldığında keyfiyyətli su təmin etməsidir. Yağış suyu yığma sistemi quraşdıraraq, əsas su istifadəsini əhəmiyyətli dərəcədə azalda bilərsiniz. Bu sistem həmçinin quraqlıq kimi vəziyyətlərin qarşısını alma potensialına malikdir. Sistemə aşağıdakılar daxildir: toplama səthi, su xətləri, kanalizasiya boruları, ilkin filtrasiya sistemləri və ya "ilk axın" cihazları, anbarlar və paylama sistemləri – bu sistemlərdə (yağış suyunun istifadə məqsədinizə görə təmizləmə də daxil ola bilər).

Akrutih Enviro Solution-a (<https://neoakruthi.com/blog/rainwater-harvesting-methods.html>) görə, əsasən iki yağış suyu yığma

metodu mövcuddur və bunlar aşağıdakılardır:

1. Səth Axını Yağış Sularının Yığılması
2. Damüstü Yağış Suyunun Yığılması

**Səth axını ilə yağış suyu yığma metodu.** Səth axını ilə yağış suyu yığma, yağışlar zamanı yerə axan suyun toplanaraq yerin altında yerləşən anbarlarda yığılması metodudur və bu su daha sonra suvarma və digər məqsədlər üçün istifadə olunur. Yağış suyunun saxlanması zamanı suyun buxarlanmasının qarşısını almaq üçün səmərəli və effektiv su qoruma metodlarının tətbiqi vacibdir. Bu texnologiya asanlıqla tətbiq oluna bilər və düzgün istifadə edildikdə çox gəlirli ola bilər. Yüzey axını ilə yağış suyu yığma metodunun əsas məqsədi su tələbatını qarşılayaraq su çirklənməsini, torpaq eroziyasını və yolların su basmalarını azaltmaqdır.

**Dam üstü yağış sularının yığılması üsulu.** Damüstü yağış sularının yığılması – yağış suyunun düşdüyü yerdə toplanması üsuludur. Bu üsulda yağış suyu fərdi yaşayış evlərinin və ya komməriya binalarının dam səthlərindən toplanaraq xüsusi su anbarlarında saxlanılır. Toplanan yağış suyu ya birbaşa anbarlarda saxlanıla, ya da süni yeraltı su mənbələrinin doldurulması sistemlərinə yönləndirilə bilər ki, bu da ev və ya komməriya ehtiyaclarının ödənilməsi üçün istifadə olunur.

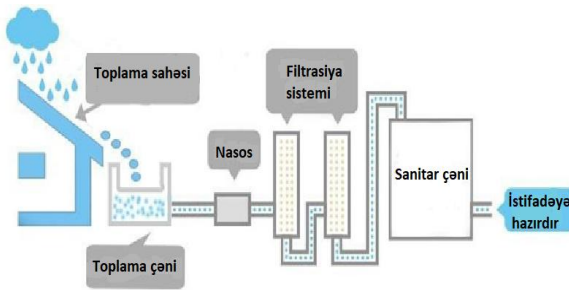
Bu üsul sadə, ekoloji cəhətdən təmiz, az xərc tələb edən və olduqca effektiv bir üsuldir. Damüstü yağış sularının yığılması (RRH) metodu, binanın və ya evin damına düşən yağış suyunun yönləndirilməsi və ya toplanaraq saxlanılmasını əhatə edir.

**Yağış sularının yığılması üsulunun 8 əsas faydası və üstünlüyü.** Yağış sularının yığılması, damlardan və digər su keçirməyən yerüstü səthlərdən yağış suyunun toplanaraq istifadə üçün saxlanması prosesidir. Bu metodun tətbiqi bir çox fayda təmin edir və aşağıda bunlardan ən önəmliləri sıralanmışdır:

1. Yağış sularının yığılması sistemləri quraşdırmaq, işlətmək və saxlanmaq baxımından asandır.

2. Filtrləmə tələb etmədən landşaft sulaması üçün mükəmməl su mənbəyi kimi fəaliyyət göstərir.
3. Hem su, həm də enerji qənaətini əhəmiyyətli dərəcədə təşviq edir.
4. Yağış sularının yığılması, yollarda daşqınların qarşısını alır və çirklənmənin qarşısını alır.
5. Az su mənbələrinə malik bölgələrdə su tələbatını qarşılıyır.
6. Yağış sularının yığılması sistemindən istifadə ilə su haqqı xərclərində böyük azalma təmin edir.
7. Yağış sularının yığılması sistemi su istehlakını 40%-ə qədər azalda bilər.
8. Su təhlükəsizliyini artırır və daha yaxşı bir ətraf mühitlə davamlı gələcək əldə etməyə imkan verir.

Akruthi Enviro Solutions-a görə, aşağıda göstərilmiş yağış sularının yığılması sxemi regionlarda tətbiq oluna bilər: Akruthi Enviro Solutions Pvt. Ltd | Bengaluru (ne-oakruthi.com).



Şəkil 4: Akruthi Enviro Solution-a görə yağış sularının yığılması sxemi

Yağış sularının yığılması – nisbətən təmiz səthlərdən, məsələn, damlardan yağın toplayaraq onu sonradan istifadə üçün yönləndirməyə və saxlamağa imkan verən dayanıqlı, iqtisadi və təhlükəsiz bir texnologiya/metoddur. Adətən su yağış suyu çəninə saxlanılır (Aşağıdakı şəkildə göstərilmişdir). Bu üsul, xüsusilə su çatışmazlığı dövrlərində alternativ su mənbəyi kimi xidmət edir.

Toplanmış yağış suyundan məişət, kommersiya və ya kənd təsərrüfatı məqsədləri üçün istifadə etmək mümkündür, məsələn: suvarma, açıq sahələrin təmizlənməsi, uni-

tazlının işlədilməsi, paltarların yuyulması, hətta düzgün şəkildə təmizlənsə, içmək üçün də istifadə oluna bilər.

Yağış sularının yığılması su qıtlığına qarşı mübarizədə mühüm rol oynaya bilər. Təlimatlara uyğun şəkildə quraşdırılmış, səmərəli və keyfiyyətli sistemlər bütün su ehtiyaclarını qarşılıyaraq suyu gələcək üçün qorumağa imkan yaradır.

Yağış sularının yığılması bir çox baxımdan əhəmiyyətlidir. Ən əsas səbəblərdən biri, su çatışmazlığının qarşısını almaq və su düzgün şəkildə toplanıb saxlanıldıqda keyfiyyətli su əldə etməkdir. Yağış sularının yığılması sisteminin qurulması ilə içməli suya olan tələbatı əhəmiyyətli dərəcədə azaltmaq mümkündür. Həmçinin bu sistem quraqlıq kimi vəziyyətlərin qarşısını alma potensialına da malikdir.

## ƏDƏBİYYAT

1. Ekologiya və təbii sərvətlər nazirliyi- [www.eco.gov.az](http://www.eco.gov.az)
2. Milli Hidrometeorologiya Xidməti - <https://meteo.az/>
3. Azərbaycan Dövlət Su Ehtiyatları Agentliyi. [www.adsea.gov.az](http://www.adsea.gov.az)
4. Azərbaycan Meliorasiya və Su Təsərrüfatı ASC - [www.mst.gov.az](http://www.mst.gov.az)
5. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE)- <https://unece.org/>

## XÜLASƏ

Bu məqalədə, iqlim dəyişikliyinə Azərbaycanın Kiçik Qafqaz bölgəsindəki çaylarının su ehtiyatlarına və axım rejiminə təsiri qiymətləndirilmişdir. Son onilliklərdə müşahidə olunan global istiləşmənin nəticəsi olaraq havanın temperaturunun artması, yağın azalması və buxarlanmanın güclənməsi çay axınlarında azalma ilə nəticələnmişdir. Zəyəmçay və Kürəkçay kimi yerli çaylarda aparılan müşahidələr nəticəsində, 1991–2024-cü illərdə su sərfələrində 1961–1990-cı illərlə müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə azalmalar olduğu məlum olmuşdur. Tədqiqatda həm antropogen təsirlərin (su-

varma, məişət məqsədilə su götürülməsi, axımın tənzimlənməsi və s.), həm də təbii (iqlim) amillərin çayların su rejiminə təsiri araşdırılmışdır.

Son illərdə temperaturun 1,2–1,5 °C dərəcə artması və yağıntıların azalması çayların su ehtiyatlarının tədricən azalmasına səbəb olmuşdur.

Bundan əlavə, iqlim ssenariləri əsasında aparılan modelləşdirməyə görə 2040-cı ilə qədər orta və aşağı hündürlükdə yerləşən hövzələrdə su ehtiyatlarının 10–15% azalacağı proqnozlaşdırılır.

Həmçinin məqalədə İqlim dəyişmələrinin qarşısını almaq üçün təklif olunan əsas adaptasiya tədbirləri qeyd olunur. Buraya müasir suvarma texnologiyalarının tətbiqi, su itkilərinin azaldılması, təkrar istifadənin təşviqi, regional əməkdaşlığın gücləndirilməsi və su ehtiyatlarının inteqrasiyalı idarə olunması daxildir.

**Açar sözlər:** Transsərhəd çaylar, Su çatışmazlığı, Sənayeləşmə, İstixana effekti, Su tələbatı, Su təhlükəsizliyi, Duzsuzlaşdırma texnologiyası, **Filtrasiya sistemi**, Ekoloji davamlılıq, Su çənləri, Suvarma sistemləri, Dayanıqlı su təminatı, Tranzit çaylarda.

### Summary

This article evaluates the impact of climate change on the water resources and flow regimes of rivers in the Lesser Caucasus region of Azerbaijan. As a result of global warming observed over recent decades, increases in air temperature, decreases in precipitation, and intensified evaporation have led to reductions in river flows. Observations conducted on local rivers such as the Zəyəmçay and Kürəkçay revealed significant decreases in water discharge levels during the period of 1991–2024 compared to 1961–1990.

The study examines the influence of both anthropogenic factors (such as irrigation, domestic water withdrawals, and flow regulation) and natural (climatic) factors on river regimes. In recent years, a temperature increase of 1.2–1.5 °C and a decrease in pre-

cipitation have contributed to the gradual reduction of water resources in the region.

Furthermore, modeling based on climate scenarios projects that by 2040, water resources in medium and low-altitude basins may decrease by 10–15% compared to current levels.

The article also outlines key adaptation measures proposed to mitigate the effects of climate change. These include the implementation of modern irrigation technologies, reduction of water losses, promotion of water reuse, enhancement of regional cooperation, and integrated water resources management.

**Keywords:** Transboundary rivers, Water scarcity, Industrialization, Greenhouse effect, Water demand, Water security, Desalination technology, Filtration system, Ecological sustainability, Water tanks, Irrigation systems, Sustainable water supply, In transit rivers

### Резюме

В данной статье дана оценка влияния изменения климата на водные ресурсы и режим стока рек в регионе Малого Кавказа Азербайджана. В результате глобального потепления, наблюдаемого в последние десятилетия, повышение температуры воздуха, уменьшение количества осадков и усиление испарения привели к снижению стока рек. Наблюдения за местными реками, такими как Зеемчай и Кюрекчай, показали значительное снижение расходов воды в период 1991–2024 гг. по сравнению с 1961–1990 гг.

В исследовании проанализировано влияние как антропогенных факторов (орошение, забор воды для хозяйственно-бытовых нужд, регулирование стока и др.), так и природных (климатических) факторов на водный режим рек. За последние годы повышение температуры на 1,2–1,5 °C и уменьшение осадков способствовали постепенному сокращению водных ресурсов.

Кроме того, согласно моделированию на основе климатических сценариев, к 2040 году ожидается снижение водных ресурсов на 10–15% в бассейнах, расположенных на средних и низких высотах.

В статье также указаны основные меры адаптации, предлагаемые для смягчения последствий изменения климата. К ним относятся внедрение современных технологий орошения, сокращение потерь воды, поощрение повторного использования, укрепление регионального сотрудничества и интегрированное управление водными ресурсами.

**Ключевые слова:** Трансграничные реки, Недостаток воды, Индустриализация, Парниковый эффект, Потребность в воде, Водная безопасность, технология опреснения, система фильтрации, Экологическая устойчивость, водяные резервуары, системы орошения, Устойчивое водоснабжение, в транзитных реках.

*Məqaləyə ADSEAYanında SİMDX-nin  
"Kadastr, uçot və reystr" şöbəsinin müdiri,  
t.e.d. R.H.Verdiyev rəy vermişdir.*

**HYDROTECHNICS AND AMENITIES**  
**HİDROTEKNIKA VƏ MELİORASIYA**

UOT 631.67

<sup>1</sup>HƏSƏNOV F.H., <sup>2</sup>HÜMMƏTOVA T.N., <sup>1</sup>XƏLİLOVA A.M.

<sup>1</sup>*Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti*

<sup>2</sup>*Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin nəzdində İnşaat Kolleci Publik Hüquqi Şəxs*

*hidro.fh@mail.ru, htarana1973@mail.ru, aygunxelilova551@gmail.com*

**QIZ QALASI HİDROQOVŞAĞI ARAZ ÇAYININ SU**  
**EHTİYATLARINDAN SƏMƏRƏLİ İSTİFADƏNİ TƏMİN EDƏCƏK**

Azərbaycanın işğaldan azad olunmuş ərazilərində bərpa və yenidənqurma prosesi geniş miqyasda həyata keçirilir. Bu kontekstdə Qarabağ və Şərqi Zəngəzur iqtisadi zonalarında əkinəyararlı torpaqların yenidən istifadəyə verilməsi, regionun aqrar sahəsinin potensialından səmərəli istifadə edilməsinin reallaşdırılması vacib məsələlərdən birinə çevrilmişdir. Xüsusilə Araz çayı boyunca yerləşən düzənliklər meliorasiya baxımından strateji əhəmiyyətə malikdir. Bu ərazilərdə həyata keçiriləcək meliorasiya tikinti layihələri torpaq münbitliyinin yaxşılaşdırılması, suvarma sistemlərinin yaradılması və bitkilərin məhsuldarlığının artırılması baxımından əlverişlidir. Regionun hidroloji şəraiti, torpaq örtüyü və iqlimi bu layihələrin planlı və elmi əsaslarla həyata keçirilməsinə imkan verir. Tədqiqatın məqsədi Araz çayı ətrafındakı düzən ərazilərin meliorasiya baxımından qiymətləndirilməsi, burada reallaşdırılması nəzərdə tutulan mühəndis tədbirlərinin texniki və iqtisadi əsaslandırılması, həmçinin ətraf mühitə mümkün təsirlərin təhlil olunmasıdır [4].

İşğaldan azad edilmiş Qarabağ və Şərqi Zəngəzur bölgələrinin bərpası, yenidən qurulması və dayanıqlı inkişafı müasir dövrdə Azərbaycan Respublikasının qarşısında duran strateji vəzifələrdən biridir. Bölgədə əkinçiliyə yararlı torpaqların genişliyi, su ehtiyatlarına yaxınlığı və təbii-iqlim potensialı kənd təsərrüfatının yenidən qurulması üçün geniş imkanlar yaradır. Araz çayı boyunca yerləşən düzənlikdə torpaqların meliorativ vəziyyətinin yaxşılaşdırılması, suvarma sistemlərinin yeni-

dən qurulması xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Meliorasiya tikintiləri bu ərazilərin kənd təsərrüfatı istiqamətində istifadəyə verilməsi üçün əsas infrastruktur elementlərindən biridir. Su təminatının bərpası, torpağın fiziki-kimyəvi göstəricilərinin yaxşılaşdırılması və şoranlaşma ilə mübarizə kimi məsələlər yalnız kompleks meliorasiya tədbirləri ilə mümkün olur. İşğaldan azad olunmuş bölgələrdə suvarma sistemləri tamamilə dağılmış, torpaqlar uzun illər istifadəsiz qalmış və iqlim dəyişiklikləri fonunda artan su qıtlığı mövcud vəziyyəti daha da mürəkkəbləşmişdir. Regionun sosial-iqtisadi dirçəlişinə töhfə vermək üçün doğma yurd yerlərində məskunlaşdırılacaq soydaşlarımızın kənd təsərrüfatı sahəsində məşğulluğunun artırılması yerli icmaların dayanıqlı gəlir mənbələrinə sahib olması bu layihələrin aktuallığını artırır. Araz çayı hövzəsində həyata keçiriləcək meliorasiya tədbirləri tək-cə becəriləcək bitkilərin məhsuldarlığının yüksəldilməsi ətraf mühitin qorunması, su ehtiyatlarından düzgün istifadə olunması, regionda ekoloji sabitliyi təmin edəcək [5].

Tədqiqat ərazisinə daxil olan Fizuli və Cəbrayıl rayonları Kiçik Qafqaz dağ silsiləsinin cənub-şərq ətəklərində, əsasən dağətəyi və düzənlik relyef formaları ilə səciyyələnən sahələrdə yerləşir. Fizuli rayonu inzibati baxımdan Beyləqan, Ağcabədi, Cəbrayıl və Xocavənd rayonları ilə, eyni zamanda cənubdan Araz çayı boyunca İran İslam Respublikası ilə sərhəddə yerləşir. Ərazinin relyef quruluşu əsasən dağətəyi düzənliklərdən ibarət olub, mütləq hündürlük göstəriciləri 100–300 metr

diapazonunda dəyişir. Rayonun relyefində qərbdən cənuba doğru eniş müşahidə olunsa da, bəzi sahələrdə bu eniş müvəqqəti olaraq üfüqi forma alır və daha sonra təkrar yüksəlmə ilə davam edir. Həm cənub-qərb, həm də şimal-şərq istiqamətlərindəki yüksəkliklərin yamaclarında səthi süxurların yuyulması üçün əlverişli şərait yaranır. Yağıntı və külək təsiri nəticəsində süxurlar parçalanır axında yaranmış bərk hissəciklər sel suları vasitəsilə çay məcraları boyunca nəql edilərək düzənlik sahələrdə gil, qum və çınqıl tərkibli tikinti materiallarının toplanmasına səbəb olur. Uzun illər davam edən bu proseslərin nəticəsində müəyyən sahələrdə müxtəlif təbii yataqlar formalaşır [3].

Cəbrayıl rayonu da Kiçik Qafqazın cənub-şərq hissəsində, Gəyən düzü və Qarabağ dağ silsiləsinin ətəyində yerləşir. Cənubda Araz çayı boyunca İran İslam Respublikası ilə qonşudur, 1049 km<sup>2</sup> ərazisi olan rayonun relyefi əsasən dağlıq və dağətəyi sahələrdən ibarətdir. Araz çayı boyunca təxminən 4-5 km enində uzanan sahələr vaxtilə XX əsrin əvvəllərində sıx Tuqay meşə örtüyünə malik olmuşdur. Bu ərazilərin torpaq örtüyü yüksək münbitli tünd şabalıdı torpaqlardan ibarətdir. Arazboyu münbit torpaqlara Cəbrayıl rayonunun iri kənd yaşayış məntəqələri – Böyük Mərçanlı, Soltanlı və digər kəndləri yerləşib. Rayonun yüksək relyefinə görə Dağ Tuması zirvəsi 1580 metr hündürlüyündədir [3].

Füzuli və Cəbrayıl rayonları iqlim xüsusiyyətlərinə görə əsasən **yarımsəhra və quru çöl iqlim tipinə malikdir**. Arazboyu düzənlikdə yay mövsümü isti və quraq, qış isə nisbətən mülayim keçir. Suvarma meliorasiya tədbirləri həyata keçirilmədən bu ərazilərdə kənd təsərrüfatı bitkilərini becərmək və məhsul götürmək mümkün olmayıb.

Füzuli rayonunda da Beylaqan rayonun sərhəddinə kimi Arazboyu düzənlik ərazisi iqlim baxımından isti-quru yarımsəhra tipinə malikdir. Burada illik atmosfer yağıntısının miqdarı 400–500 mm dir. Yağıntılar əsasən yaz və payız aylarına təsadüf edir, yay aylarında isə uzun müddətli quraqlıq müşahidə olunur. Rayon ərazisində havanın orta illik temperaturu təqribən 13–15°C arasında dəyi-

şir. Yay aylarında temperatur 24–28°C-yə qədər yüksəlir, qış aylarında isə 0–2°C ətrafında olur. Mümkün illik buxarlanma 800–1000 mm arasında dəyişir.

Fizuli və Cəbrayıl rayonlarının hidroqrafik şəbəkəsi əsasən Araz çayı və onun qolları vasitəsilə formalaşır. Regionun iqlim şəraiti, relyef xüsusiyyətləri və geoloji quruluşu bu hidroqrafik sistemin qurulmasında və inkişafında mühüm rol oynayır. Rayonların su ehtiyatları əsasən səth suları (çaylar, axınlar), yeraltı sular və mövsümi axınlardan ibarətdir. Fizuli rayonunun hidroqrafik sistemində Araz çayı və onun əsas qolları olan Köndələnçay və Quruçay mühüm yer tutur. Hər iki çay rayonun ərazisindən keçərək şimal-qərbdən cənub-şərq istiqamətində 1–1.5 km axır və bir-birinə paralel şəkildə, məsafədə yerləşir. Bu çaylar dərin dərələr boyunca axaraq, gilcələrlə örtülmüş qumlu çöküntülərlə müşahidə olunan çökəkliklər yaradır. Çayların qidalanması əsasən atmosfer yağıntıları hesabına baş verir və yaz-payız aylarında maksimum səviyyəyə çatır. Yay aylarında isə, xüsusilə iyul-avqustda, sululuq minimuma enir. Ərazidəki digər çaylar əsasən mövsümi xarakter daşıyır və yaz-yay aylarında yağış suları və dağlardan gələn sel axınları ilə formalaşır [3]. Cəbrayıl rayonunda hidroqrafik şəbəkənin sıxlığı ərazilərə görə qeyri-bərabərdir. Çay şəbəkəsi daha çox orta dağlıq qurşaqlarda inkişaf edib, düzənlik və yüksək dağlıq zonalarda isə seyrəkləşir. Bu rayonun hidroqrafiyası da əsasən Araz çayı və onun qolları ilə formalaşır. Araz çayı rayonun cənub sərhədi boyunca axaraq İranla təbii sərhəd təşkil edir. Onun əsas qollarından biri olan Həkəri çayı Qarabağın dağlıq ərazilərindən başlayaraq Cəbrayıl ərazisindən keçib Araz çayına tökülür və rayonun suvarma sistemlərində əhəmiyyətli rol oynayır. Rayon ərazisindən axan digər çaylara Bəsitçay və Çaxmaqlıçay daxildir. Bəsitçay kiçik çay olsa da, bəzi sahələrdə suvarma məqsədilə istifadə olunur və Bəsitçay Dövlət Təbiət Qoruğu ərazisindən keçdiyinə görə ekoloji cəhətdən həssas bölgə sayılır. Çaxmaqlıçay isə Həkəri çayının mövsümi qollarından biridir. Hər iki rayonun hidroqrafik sistemində Araz çayı həlledici rol

oynayır. Həkəri və Köndələnçay çayları üzərində yeni hidrotexniki qurğuların tikintisi nəzərdə tutulur. Fizuli və Cəbrayıl rayonlarının bəzi hissələrində yeraltı su ehtiyatları da mövcuddur. Bu sular əsasən əhəngdaşı və qumdaşı süxurlarında toplanır və içməli su təchizatı, həm də əkin sahələrinin suvarılmasında istifadə olunur. Lakin su ehtiyatların məhdudluğu və ərəzilər üzrə qeyri-bərabər paylanması rayonların bəzi sahələrində su qıtlığına səbəb olur. Hər iki rayonun hidroqrafik sisteminin mövcud potensialdan səmərəli istifadə olunması gələcək illərdə kənd təsərrüfatı istehsalının artırılmasına, ekoloji tarazlığın qorunmasına və meliorasiya layihələrinin effektivliyinə ciddi töhfə verə bilər. İşğaldan azad edilmiş ərəzilərdə həyata keçiriləcək meliorasiya və su təsərrüfatı layihələri bölgədə aqrar sahənin inkişaf etdirilməsinə imkan yaradacaqdır [5].

Qarabağ və onun cənub-şərqində yerləşən Arazboyu düzənliklərdə kənd təsərrüfatı fəaliyyətlərinin dayanıqlı şəkildə aparılması yaradılacaq suvarma infrastrukturunun əhəmiyyətini daha da artırır. XX əsrin 30-50-ci illərində Cəbrayıl rayonunun Maralyan və Hasanlı magistral kanallarının tikintisi əkinçiliyin inkişafında və əhalinin məşğulluğunda əhəmiyyətli rol oynamışdır. Hər iki kanal ötən əsrin ortalarında layihələndirilərək istifadəyə verilmiş, Araz çayının potensial su ehtiyatlarından istifadə etməklə minlərlə hektar sahənin suvarılmasını təmin etmişdir [5].

1950–1960-cı illərdə Araz çayının sol sahilində yerləşən Cəbrayıl rayonunun əkinə yararlı sahələrinin suvarma suyu ilə təmin olunması məqsədilə həyata keçirilmiş bir sıra layihələrə əsasən çoxsaylı kanallar və kollektor-drenaj sistemi qurulmuşdur. Həmin dövrdə iqlim və torpaq şəraitinə uyğun olaraq pambıqçılıq, taxılçılıq və yemçilik sonrakı illərdə isə əsasən üzümçülük sahələri prioritet sayılırdı. Bu səbəbdən əkin sahələrinin suvarılması zəruri hesab edilir və suvarma infrastrukturuna böyük maliyyə və texniki resurslar yönəldilirdi [3].

Maralyan kanalı bu kontekstdə Maralyan kəndindən başlamaqla Horodiz şəhərinə kimi əkin sahələrini suvarmaq üçün layihələndiril-

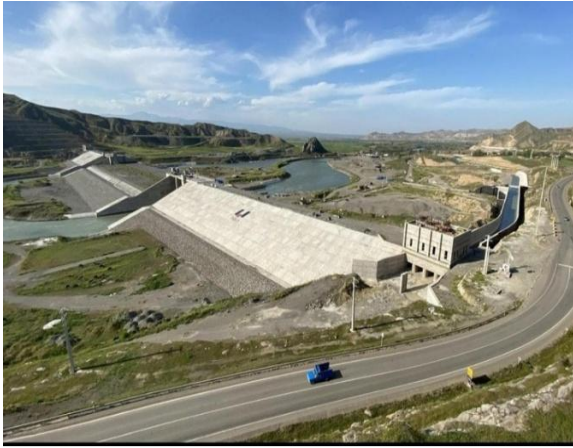
miş və Araz çayının sol sahilindən su götürməklə fəaliyyət göstərmişdir.

Hasanlı kanalı isə Cəbrayılın cənub-qərb hissəsində yerləşən Hasanlı kəndindən başlamaqla Horodiz şəhərinə kimi əkin sahələrinin suvarılması məqsədilə tikilmişdir [3].

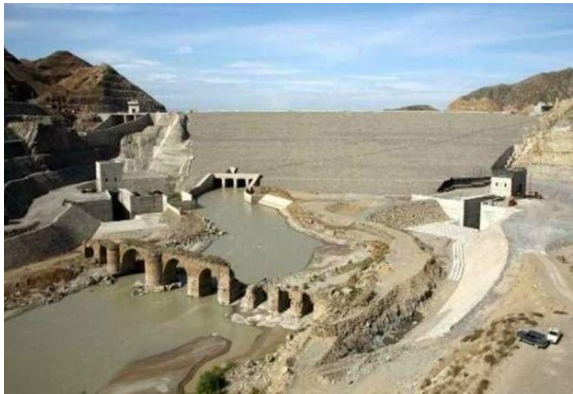
Cəbrayıl rayonunda yerləşən Maralyan və Hasanlı suvarma kanallarının texniki göstəriciləri və istismar xüsusiyyətləri bölgənin kənd təsərrüfatı sahəsi üçün xüsusi əhəmiyyət daşıyırdı. Bu kanallar Araz çayının su ehtiyatlarından istifadə etməklə, rayonun əkinə yararlı sahələrinin suvarılması məqsədilə layihələndirilmişdir. Hər iki kanalın inşasında dövrün və meliorativ norma və standartlarına uyğun texniki parametrlər nəzərə alınmış, ərəzinin relyef xüsusiyyətləri, suya olan tələbat və torpaq strukturu kimi amillər əsas götürülmüşdür [3].

Azərbaycan Respublikasının işğaldan azad olunmuş ərəzilərində geniş miqyaslı bərpa və yenidənqurma işləri çərçivəsində kənd təsərrüfatının inkişaf etdirilməsi və dayanıqlı su təminatı sistemlərinin qurulması xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Bu baxımdan, Qız qalası hidroqovşağından su alacaq Magistral kanalın layihələndirilməsi və icrası bölgənin meliorativ inkişafı baxımından strateji bir layihə hesab olunur (şəkil 1). Sözügedən kanalın tikintisində əsas məqsədi Cəbrayıl və Fizuli rayonlarının Arazboyu düzənliklərində yerləşən torpaq sahələrinin suvarma suyu ilə təmin olunması, su ehtiyatlarının səmərəli idarə olunması və kənd təsərrüfatı məhsullarının istehsalının artırılmasıdır. Uzun müddət istifadəsiz qalmış və suvarma şəbəkələri tamamilə sıradan çıxmış ərəzilərdə kənd təsərrüfatının dirçəldilməsi yalnız dayanıqlı və müasir suvarma infrastrukturunun yaradılması ilə mümkündür. Qız qalası hidroqovşağı bu baxımdan əsas su mənbəyi olacaq. Hidroqovşaqdan başlayaraq inşa ediləcək Magistral kanal, suyun sahələrə çatdırılması funksiyasını yerinə yetirməklə yanaşı eyni zamanda bölgədə suvarma sisteminin mərkəzi su mənbəyi rolunu oynayacaq. Bu layihənin həyata keçirilməsi nəticəsində on minlərlə hektar sahənin yenidən kənd təsərrüfatı dövrüyyəsinə qaytarılması planlaşdırılır. Qız qalası hidroqovşağından çıxacaq Magistral

kanalı müasir layihələndirmə prinsiplərinə əsaslanaraq tərtib olunmuşdur. Kanalın uzunluğu ilkin mərhələdə təqribən 50-60 km təşkil etməsi planlaşdırılır. Dib eni 5–8 metr arasında dəyişən kanalın dərinliyi orta hesabla 3,0–3,5 metr olacaqdır. Kanalın su buraxma qabiliyyəti təxminən 50 m<sup>3</sup>/s qiymətləndirilmişdir ki, bu da geniş ərazilərin eyni vaxtda suvarılmasına imkan verəcəkdir. Suyun itkisiz şəkildə sahələrə çatdırılması məqsədilə kanal yatağının betonla üzlənməsi və sızma əleyhinə müasir texnologiyaların tətbiqi nəzərdə tutulur [1,6]. Hazırda həyata keçirilən layihə nəticəsində ilkin mərhələdə 18–22 min hektar əkin sahəsinin suvarılması planlaşdırılır ki, bu da regionun aqrar potensialının bərpasında mühüm rol oynayacaqdır [1, 6, 7].



*Şəkil 1. Qız qalası hidroqovşağının aşağı biefdən görünüşü*



*Şəkil 2. Xudafərin su anbarının aşağı biefdən görünüşü*

Su ehtiyatlarının tənzimlənməsi, yeni suvarma sahələrinin yaradılması və elektrik enerjisi hasilatı ölkənin kənd təsərrüfatı və enerji sektorunun inkişafında mühüm rol oynayacaq. Bu layihələrin icrası nəticəsində ümumilikdə 87.000 hektar əkin sahəsinin su təminatı yaxşılaşdırılacaq və regionda kənd təsərrüfatı məhsuldarlığı əhəmiyyətli dərəcədə artacaqdır. Eyni zamanda, layihələr çərçivəsində təxminən 40.000 nəfər üçün yeni iş yerlərinin yaradılması nəzərdə tutulmuşdur ki, bu da sosial-iqtisadi inkişafa töhfə verəcəkdir. Xudafərin və Qız qalası hidroqovşaqları yalnız texniki və iqtisadi baxımdan deyil, həm də geosiyasi baxımdan mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu layihələr Azərbaycan və İran arasında su ehtiyatlarının birgə idarə olunması sahəsində əməkdaşlığın möhkəmləndirilməsinə şərait yaradır. Həmçinin, Araz çayı boyunca nəqliyyat və infrastrukturun inkişafı üçün zəmin hazırlayır. Xüsusilə su diplomatiyası sahəsində bu əməkdaşlıq regionda sabitlik və qarşılıqlı etimadın möhkəmlənməsində önəmli rol oynayır. Nəticə etibarilə, Xudafərin və Qız qalası hidroqovşaqları Azərbaycanın strateji inkişaf planlarında mühüm yer tutur. Onların istifadəyə verilməsi ölkənin su və enerji ehtiyatlarından səmərəli istifadə etməsinə, əhəlinin rifahının yüksəldilməsinə və regionda uzunmüddətli sabitliyin təmin olunmasına imkan verəcəkdir [1, 3, 6, 7].

## **ƏDƏBİYYAT**

1. Paşayev E.P., Həsənov F.H. “Azdövsütəslayihə” inistutunun tarix və inkişaf yolu. Bakı 2010.
2. Azərbaycan Respublikasının Prezidenti. Azərbaycan Respublikasında kənd təsərrüfatının inkişafı üzrə Milli Strategiya (2020–2030). Bakı 2020: Azərbaycan Respublikası Kənd Təsərrüfatı Nazirliyi., (<https://www.agro.gov.az/strategiyalar>)
3. Azərbaycan Respublikasının Prezidenti. Azərbaycan Respublikasında su ehtiyatlarından səmərəli istifadə və idarəetmə üzrə

2020–2025-ci illər üçün Konsepsiya. Bakı, 2020. (<https://president.az/articles/37184>)

4. Azərbaycan Meliorasiya və Su Təsərrüfatı ASC. Qarabağ və Şərqi Zəngəzur iqtisadi rayonlarında meliorasiya və irriqasiya sistemlərinin bərpası üzrə layihələr. Rəsmi hesabat, Bakı, 2023.
5. Azərbaycan Respublikasının Kənd Təsərrüfatı Nazirliyi. Aqrar sahədə suvarma texnologiyalarının inkişafı üzrə strateji baxış. Bakı (2021).
6. Həsənov F.H., Həsənova A.X. Qarabağın yerüstü su ehtiyatları və səmərəli istifadəsi məqsədilə görülməli işlər “İşğaldan azad olunmuş ərazilərdə mühəndis infrastrukturunun müasir texnologiyalar əsasında yenidən qurulma məsələləri” mövzusunda Respublika Elmi-Praktik konfransının materialları, Bakı 2021, 10-11 mart.
7. Həsənov F.H., Həsənova A.X., Hacıyev A.İ. Cəbrayıl rayonundakı Arazboyu düzənlikdə suvarma və kollektor-drenaj sistemlərinin eyni vaxtda tikilməsi haqqında təkliflər. “İşğaldan azad olunmuş ərazilərdə mühəndis infrastrukturunun müasir texnologiyalar əsasında yenidən qurulma məsələləri” mövzusunda Respublika elmi-praktiki konfransının materialları, Bakı 2021, s. 121–126.

**Həsənov F.H., Hümmətova T.N.,  
Xəlilova A.M.**

**Qız qalası hidroqovşağı araz çayının  
su və torpaq ehtiyatlarından səmərəli  
istifadəni təmin edəcək**

### **XÜLASƏ**

Bu məqalədə Cəbrayıl və Füzuli rayonlarının Arazboyu düzənlik ərazisinin coğrafi mövqeyi, relyefi, təbii şəraiti, iqlimi, torpaq

və bitki örtüyü haqqında məlumat verilir. Eyni zamanda, XX əsrin 30-cü illərindən başlayaraq Ermənistanın işğalına qədərki dövrdə meliorasiya və su təsərrüfatı sahəsində həyata keçirilmiş layihələr, həmçinin 44 günlük Vətən müharibəsindən sonra regionda meliorasiya tikintisi sahəsində görülmüş işlər və gələcəkdə həyata keçirilməsi planlaşdırılan layihələr ətraflı şəkildə təqdim olunur.

*Açar sözlər.* Relyef, coğrafi mövqey, meliorasiya tikintiləri, kollektor, drenaj, ekoloji tarazlıq.

**Həsənov F.H., Hummatova T.N.,  
Xəlilova A.M.**

**The Giz Galasi Hydrojunction will ensure  
the efficient use of the water and soil  
resources of the Araz River**

### **ABSTRACT**

This article provides information about the geographical location, relief, natural conditions, climate, soil, and vegetation cover of the Araz River lowland area within the Jabrayil and Fuzuli districts. It also examines land reclamation and water management projects that were implemented from the 1930s up until the Armenian occupation. Furthermore, the article outlines the efforts carried out in the field of reclamation construction following the 44-day Patriotic War, as well as the projects planned for future implementation in the region.

*Keywords:* Relief, geographical location, reclamation constructions, collector, drainage, ecological balance.

*Məqaləyə AzMIU-nun “Meliorasiya və su təsərrüfatı tikintisi” kafedrasının professoru Y.V. Qəhrəmanlı rəy vermişdir.*

UOT 622.53

MƏMMƏDOV Ə.C., ABDULLAYEVA K.Q, HÜMMƏTLİ A.Q.

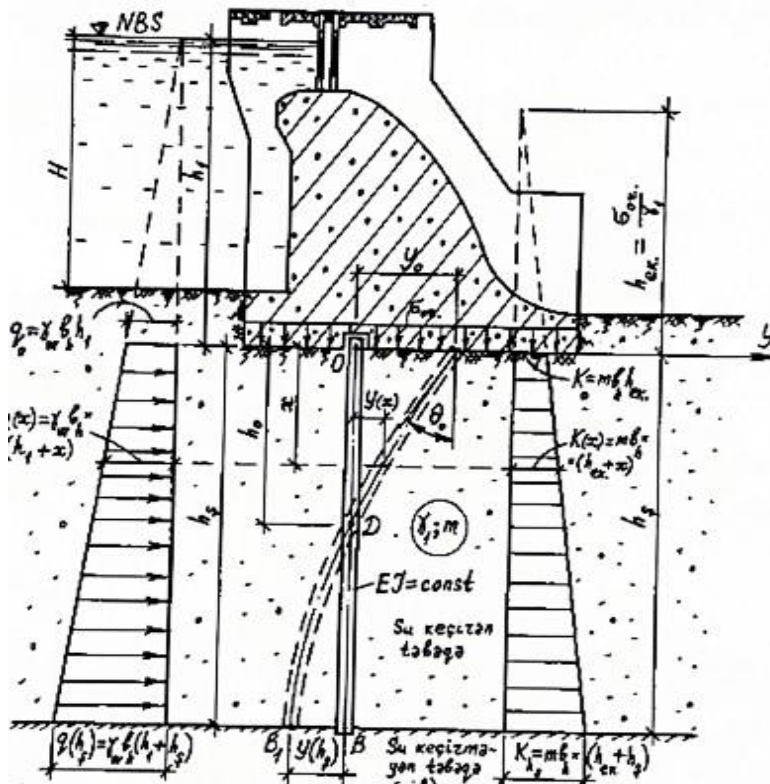
AzMIU

**SƏVIYYƏQALDIRAN HİDROTEKNİKİ QURĞULARIN BÜNÖVRƏSİNDƏ SIZMA PROSESİ ƏLEYHİNƏ TƏTBİQ OLUNAN ŞPUNT ÇƏPƏRLƏRİN STATİKİ VƏ HİDRAVLİKİ HESABLANMA METODİKALARI**

Səviyyəqaldıran hidrotexniki qurğuların bünövrəsində sukeçirməyən təbəqənin səthindən keçməklə bitmiş şpunt divarlar vurulur. Sızmanın prosesinin qarşısını tamamilə alınaraq maksimal hidrostatik təzyiqlin yaratdığı yükü dəf etmiş olur.

Hidrostatik təzyiqlin yaratdığı intensivlik şpunt çəpərin qrunta salınma dərinliyi üzrə düzbucaqlı trapesvari formasında dəyişər (şəkil 1)

$$q(x) = \gamma_w b_{hes.} (H_1 + x) \quad (1)$$



Şəkil 1. Sızma prosesinin əleyhinə istifadə olunan bitmiş elastik şpunt çəpərin horizontal istiqamətli yerdəyişmələrə hesablama sxemi.

Şpunt çəpərin üst səviyyəsinə qədər yer səthindən olan dərinlik  $h_1$  (yuxarıdakı biyefdə suyun səviyyə yüksəkliyindən başlamaqla), şpuntun qruntda yerləşmə dərinliyi  $h_2$  olduqda, su mühitinin şpunt çəpərə yuxarıdakı və aşağıdakı uc səviyyələrində hidrostatik təz

zyiqlin ordnatları olar [1; 2]:

$$q_0 = \gamma_w b_h h_1; \quad q(h_s) = \gamma_w b_h (h_1 + h_s) \quad (2)$$

Səviyyəqaldıran hidrotexniki qurğu kimi suaşiran bənddən bünövrədəki qruntda ötürülən

normal gərginliyin orta qiyməti  $\sigma_{or} = \frac{1}{2} \times (\sigma_{max} + \sigma_{min})$  ekvivalent kimi götürülən dərinliyin  $h_{ek} = \frac{\sigma_{or}}{\gamma_1}$  olmasını nəzərə almaqla, xətti qanuna tabe olan qruntun şpunt çəpərin uc səviyyələrindəki sərtlik əmsalları aşağıdakı ifadələrlə tapılmış olar [3]:

$$K_0 = mb_h h_{ek}; K_h = mb_h (h_{ek} + h_s). \quad (3)$$

Elastik kateqoriyaya malik şpunt çəpərin əyilmədə diferensial tənliyini aşağıdakı şəkildə ifadə etmək olar [4]:

$$EJY^{IV}(x) = \gamma_w b_{hes} (H_1 + x) - mb_{hes} (h_{ekv} + x) Y(x), \quad (4)$$

harada ki,  $m$ -bünövrə qruntunun sərtlik göstəricisi olub, vahidi  $t/m^4$ -dir.

Baxılan statik kontakt məsələnin həll olunması üçün aşağıdakı şəkildə ifadə olunan başlanğıc adlandırılan sərhəd şərtlərindən istifadə etmək olar:

$$\begin{aligned} Y(0) &= Y_0; \\ Y'(0) &= \theta_0 Y''(0) = \frac{M_0}{EJ} = 0; \\ Y'''(0) &= \frac{Q_0}{EJ} = 0 \end{aligned} \quad (5)$$

(4) diferensial formalı tənliyi (5) başlanğıc sərhəd şərtlərinin daxilində Pikarın ardıcıl yaxınlaşma metodu ilə həll olunduqda alırıq:

$$Y(x) = Y_0 \Phi_1(x) + \theta_0 \Phi_2(x) + q \Phi_3(x) \quad (6)$$

(6) həllində olan əsas təsir funksiyaları aşağıdakı sonsuz formalardakı sıraların cəmi kimi formalaşır:

$$\begin{aligned} \Phi_1(x) &= 1 + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{a^n x^{5n}}{(5n)!} \times \\ &\times [1 \times 6 \times 11 \times \dots \times (5n-4)] + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &+ \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^H \frac{(ah_{ekv})^n x^{4n}}{(4n)!} + \\ &+ a \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{(ah_{ekv})^n x^{4n+5}}{(4n+5)!} \times \\ &\times (2n^2 + 3n + 1) + \dots; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi_2(x) &= x + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{a^2 x^{5n+1}}{(5n)!} \times \\ &\times [2 \times 7 \times 12 \times \dots \times (5H-3)] + \\ &+ \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^H \frac{(ah_{ekv})^n x^{4H+1}}{(4H+1)!} + \\ &+ a \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{H+1} \frac{(ah_{ekv})^n x^{5H}}{(5H)!} \times \\ &\times (2H^2 + 4n + 2) + \dots; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi_3(x) &= H_1 \left[ \frac{x^4}{4!} + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^H \times \right. \\ &\times \left. \frac{(ah_{ekv})^n x^{4n+4}}{(4H+4)!} \right] + \frac{x^5}{5!} + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^H \times \\ &\times \frac{a_0 x^{5H+5}}{(5H+5)!} [6 \times 11 \times 16 \times \dots \times (5H+1)] + \\ &+ H_1 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{H+1} \frac{a_0 x^{5H+4}}{(5H+4)!} \times \\ &\times [5 \times 10 \times 15 \times \dots \times (5H)] + \\ &+ \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^H \frac{(ah_{ekv})^n x^{4n+5}}{(4H+5)!} + \dots \end{aligned} \quad (7)$$

Elastik şpunt çəpərin ixtiyari kəsiyi boyunca meyl bucağı, əyilmə momenti və kəsmə qüvvəsini tapmaq üçün aşağıdakı düsturları alırıq:

$$\begin{cases} \theta(x) = Y_0 \Phi_1(x) + \theta_0 \Phi_2(x) + \bar{q} \Phi_3(x); \\ \frac{M(x)}{EJ} = Y_0 \Phi_1''(x) + \theta_0 \Phi_2''(x) + \bar{q} \Phi_3''(x); \\ \frac{Q(x)}{EJ} = Y_0 \Phi_1'''(x) + \theta_0 \Phi_2'''(x) + \bar{q} \Phi_3'''(x). \end{cases} \quad (8)$$

Yuxarıdakı biyef tərəfdə bənd oturacağı-  
nın dibindəki səviyyədən başlamaqla, sukeçir-  
məyən təbəqənin səthinədək bünövrədəki  
qruntun tam dərinliyi  $T$ , qrunun su sızdırma  
əmsalı  $K_{siz}$ , yerləşməsi üzrə asma vəziyyətdə  
şpunt çəpərin tam olaraq eni  $B_s$  olarsa (şəkil  
2), şpuntun altından keçən sızan suların axma  
sərfi aşağıdakı kimi tapılır:

$$Q_{siz} = v_{siz} \cdot \omega_{siz}, \quad (9)$$

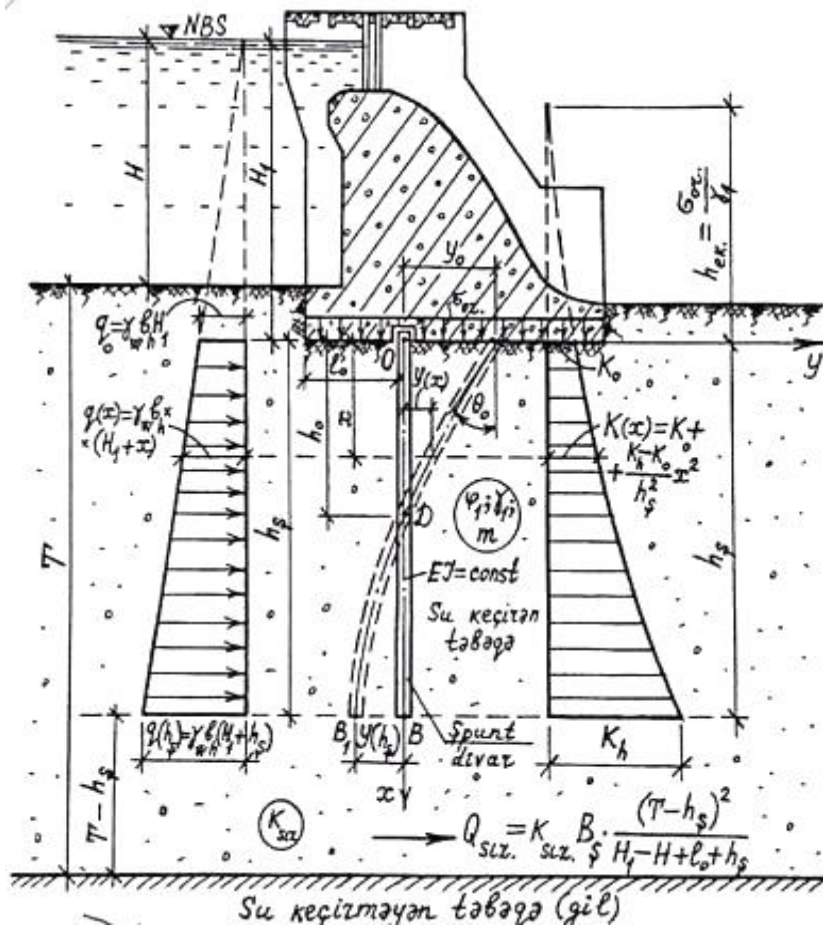
harada ki,  $v_{siz}$  və  $\omega_{siz}$  - şpuntun uyğun olaraq alt  
tərəfindəki hissəsindən sızan axınındakı sürət

və sızma axınındakı kəsiyin sahəsi aşağıdakı  
düsturla hesablanır:

$$v = K_{siz} \times \frac{T - h_s}{H_1 - H + l_0 + h_s}; \quad (10)$$

$$\omega = (T - h_s) \times B_s. \quad (11)$$

(10) və (11) ifadələrini (9) düsturunda nəzərə  
aldıqda, şpuntun altından sızaraq keçən axının  
sərfini aşağıdakı şəkildə hesablanıla bilər [5]:



Şəkil 2. Su keçirici təbəqə üzərində yerləşən asma elastik şpunt divarının üfqi  
yerdəyişməyə hesablama və şpuntunalyı sızan axının sərfinin təyin edilməsi sxemi.

R.R. Çuqayev metoduna görə isə sızma  
axınının müqavimət əmsalını aşağıdakı düs-  
turla hesablamaq olar [5]:

$$h_w = \frac{L}{\omega} \frac{Q}{K_{siz}} = \xi \cdot \frac{Q}{K_{siz}};$$

$$\xi = \frac{L}{\omega_{siz}} = \frac{H_1 - H + l_0 + h_s}{(T - h_s) B_s},$$

$$Q = K_{siz} B_s \times \frac{(T - h_s)^2}{H_1 - H + l_0 + h_s} \quad (12)$$

$L$  – yuxarı biyefdən qurğunun yeraltı konturu boyunca asma şpuntun alt üzünədək sızma yolunun uzunluğudur.

Asma elastik şpunt çəpərin əyilməsinin diferensial tənliyini aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$Y^{IV}(x) = \bar{q}(H_1 + x) - a_0 Y(x) - a_1 x^2 Y(x) \quad (13)$$

(13) tənliyini Pikar ardıcıl yaxınlaşma üsulundan istifadə edərək, başlanğıc sərhəd şərtləri çərçivəsində həll edərək, bu tənliyin ümumi həllini aşağıdakı kimi alırıq:

$$Y(x) = Y_0 F_1(x) + \theta_0 F_2(x) + F_3(x) \quad (14)$$

(14) həllində olan  $F_j(x) [j = 1, 2, 3]$  təsir funksiyaları (13) diferensial tənliyində birinin başqısından xətti asılı olmayan üç xüsusi həlləri olub, dəyişən işarəli cəld yığılan sonsuz sıraların cəmi formasında təyin edilirlər:

$$\begin{aligned} \Phi_1(x) &= 1 + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{a_0^n x^{4n}}{(4n)!} + \\ & \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{a_1^n x^{6n}}{(6n)!} [1 \cdot 2 \cdot 7 \cdot 8 \dots \times \\ & \times (6n-5)(6n-4)] + \\ & + a_0 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{a_1^n x^{4n+6}}{(4n+6)!} \times r_{1,n} + \dots; \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \Phi_2(x) &= x + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{a_0^n x^{4n+1}}{(4n+1)!} + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{a_1^n x^{6n+1}}{(6n+1)!} \times \\ & \times [2 \times 3 \times 8 \times 9 \dots \times (6n-4)(6n-3)] + \\ & + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{(ah_{ekv})^n x^{4H+1}}{(4H+1)!} + \\ & + a \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{H+1} \frac{a_1^n x^{4n+7}}{(4n+7)!} \times r_{2,n} + \dots; \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \Phi_3(x) &= H_1 \frac{x^4}{4!} + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \times \\ & \frac{a_0^n x^{4n+4}}{(4n+4)!} + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{a_1^n x^{6n+4}}{(6n+4)!} \times \\ & \times [5 \times 6 \times 11 \times 12 \times \dots \times (6n-1)(6n)] + \\ & + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{a_1^n x^{4n+10}}{(4n+10)!} r_{3,n} + \dots; + \\ & + \frac{x^5}{5!} + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{a_0^n x^{4n+5}}{(4n+5)!} + \\ & + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{a_1^n x^{6n+5}}{(6n+5)!} [6 \cdot 7 \cdot 12 \cdot 13 \times \\ & \dots \times (6n)(6n+1)] + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \times \\ & \times \frac{a_1^n x^{4n+11}}{(4n+11)!} r_{4,n} + \dots; \end{aligned} \quad (17)$$

Aşağı ucu sərbəst vəziyyətdə olan asma elastik şpunt divarı üçün  $M(h_s) = 0$ ;  $Q(h_s) = 0$  şərtlərinə görə yazılan tənliklər sistemindəki məchul  $Y_0$  və  $\theta_0$  başlanğıc parametrlərini tapmaq mümkündür:

$$\begin{cases} Y_0 F_1''(h_s) + \theta_0 F_2''(h_s) = -\bar{q} F_3''(h_s) \\ Y_0 F_1'''(h_s) + \theta_0 F_2'''(h_s) = -\bar{q} F_3'''(h_s) \end{cases} \quad (18)$$

(18) sistem tənliyi (məchul)  $Y_0$  və  $\theta_0$  başlanğıc parametrlərinə görə həll olunarsa alırıq:

$$\begin{cases} Y_0 = \frac{F_2''(h_s) + F_3''(h_s) - F_2'''(h_s) F_3'''(h_s)}{F_1''(h_s) + F_2''(h_s) - F_1'''(h_s) F_2'''(h_s)} \bar{q} \\ \theta_0 = \frac{F_3''(h_s) + F_1''(h_s) - F_1'''(h_s) F_3'''(h_s)}{F_1''(h_s) + F_2''(h_s) - F_1'''(h_s) F_2'''(h_s)} \bar{q} \end{cases} \quad (19)$$

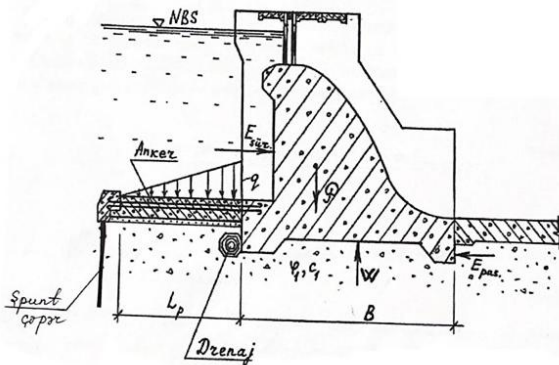
Təklif olunan hesablanma metodu asma elastik şpunt divarın üzvlərinə təzyiqli suların sızma axınının sürəti, sərfi, xüsusi sərfi, şpunt çəpərin istənilən kəsiyində tapıla bilər. Yerdəyişmənin və iç qüvvələrinin təyin olunmasından bu metal əlverişlidir. Həmin üsulla bünövrə quruntundan basqılı sızma axınının baş

verdiyi hidrotexniki tikililərin oturacağı səviyyəsində yerləşdirilə bilən şpunt divarın yerdəyişməyə hesablanma məsələlərində istifadəyə yararlı ola bilər (şəkil 3).

Sızma sularını toplamaqla kənarlaşdırıla

$$K_s = \frac{n}{m} \frac{R}{E_{sür.}} = \frac{n}{m} \frac{(P - W + 0,5qL_p) \operatorname{tg} \varphi_1 + (L_p + B) C_1 + m_1 E_{pas}}{E_{sür.}} \geq K_s^{hed.}, \quad (20)$$

harada ki,  $R$ -qurğunu saxlayan qüvvə  $E_{sür.}$ -qurğunu sürüşdürən qüvvədir.



Şəkil 3. Ankerlənən ponurlu dəmir-beton suaşırın bəndin yeraltı konturunda drenajın yerləşdirilməsi ilə qurğunun sürüşməyə hesablanması sxemi.

$$K_s = \frac{n}{m} \times \frac{(W_p + P - W_y - W_s) \operatorname{tg} \varphi_1 + (L_p + B'') C_1 + m_1 E_{pas}}{E_{sür.}} \geq K_s^{hed.} \quad (21)$$

Harada ki,  $B$  – səviyyəqaldıran suaşırın bənddə yeraltı kontur elementinin çevrilmiş hesab edilən uzunluğudur.

Şəkil 4-də göstərilmiş sxemə görə ankerlənən ponur elementinin başlanğıc kəsiyində yerləşən elastik şpunt çəpərin bünövrədəki qrunta vurulma dərinliyinin məsafəsi qədər sızmanın təzyiq yükünün epüründəki ordinatın qiymətini azaltmış olur. Suaşırın tipli bəndin çıxışındakı kəsikdə yerləşən drenaj qurğusu isə bu kəsik üzrə sızmanın təzyiq yükünün epüründəki ordinatın qiymətini azaltmış olur. Suaşırın tipli bəndin çıxışındakı kəsikdə yerləşən drenaj qurğusu isə bu kəsik üzrə sızmanın təzyiq yükünün epüründə olan ordinatı sıfıradək azaldır. Ona görə ki, drenaj qurğusu sızma sularını toplamaqla, ərazidən kənar etmə

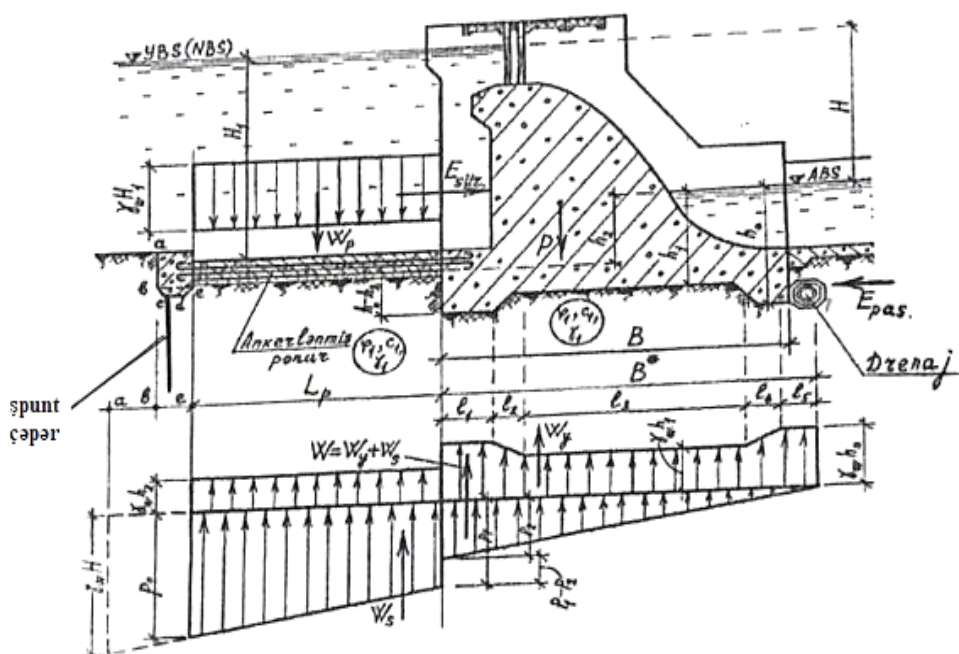
bilən drenaj quruluşlu ankerlənən ponurlaşdırılmış bəndlərdə kontakt sürüşməsinə azaltmaq məqsədilə  $K_s$  dayanıqlıq əmsalı aşağıdakı düsturla təyin olunur (3).

Ankerləşmiş ponurun öndən olan tərəfdə alt hissəsi üzrə tətbiq edilən şpunt divar sızmanın yolunu uzadaraq, bu şaquli kəsik üzrə hidrostati təzyiq epüründəki ordinatını qiymətini aşağı salmış olur.

Sızan suları qəbul edən və qurğunun yeraltı konturu boyunca davam etməsini dayandıran drenaj quruluşu suaşırın tipli bəndin bünövrədə yerləşən hissəsinin aşağı tərəfindəki dişli elementin arxasında yerləşdiyi halda aşağı biyef zonasında su olarsa və qurğuya təsir edən hesabi basqının  $H = \nabla NBS - \nabla ABS$  olduğunu nəzərə alaraq ankerlənən ponurlaşan suaşırın bənd oturacağında sürüşməyə qarşı dayanıqlığını əks etdirən əmsal aşağıdakı düsturla hesablanır (şəkil 4):

işlərini yerinə yetirmiş olur.

Şpunt çəpərin yerləşmə mövqeyini dəyişmədən, drenaj qurğusunu suaşırın bəndin bünövrəsindəki diş elementlərinin ön və arxa tərəflərində yerləşdirməklə, yuxarı biyefdən sızan suları müxtəlif formalarda kənarlaşdırmaq, qurğunun müstəvi sürüşməyə və aşmaya görə dayanıqlığını artırmaq mümkün olur. Şpunt çəpərləri aşağı biyefə doğru asma vəziyyətdə dərinliklərini azaldaraq diş elementlərinin alt üzrlərində yerləşdirməklə, sızma təzyiq yüklərinin təsirlərini başqa variantlarda da azaltmaq mümkün ola bilər. Bu hesablama metodikası qeyd edilən variantlar üzrə də rastlaşacaq məsələləri də həll etməyi imkan verir.



Şəkil 4. Ankerləşən dəmir-beton ponurlu suaşıran tipli bəndin yeraltı konturunun diş elementinin son kəsiyində drenajın yerləşdirilmə halı üçün kontakt sürüşməyə qarşı dayanıqlığa hesablanma sxemi.

## ƏDƏBİYYAT

1. Məmmədov K. M, Musayev Z. S. Hidrotexniki qurğular. Bakı, Təhsil NPM 2006, 406 s
2. Musayev Z. S, Məmmədov K. M, Mahmudov T. M, İsmayılov F.M, Zərbəliyev M. S. Hidrotexniki qurğular //Bakı, Təhsil NPM, 2009, 686 s
3. Мамедов К.М. К расчету гибких и жестких пирамидальных свай, подверженных совместному действию вертикальных и горизонтальных нагрузок // Ученые записки, АзПи им. Ч. Ильдрыма, Баку, 1974, серия X, №2, с. 106-114
4. Лавенстам В.В. Методы расчета устойчивости свай //Межотраслевые вопросы строительства, М., 1971, вып. 8, с. 32-63.
5. Мамедов К.М. Исмаилов Ф.М. Деформационный расчет противофильтрационных шпунтов стен, применяемых в гидротехническом строительстве // Труды юбилейной сессии Варшавской сельхоз. Академии, Варшава. 1990. С. 183-196.

## XÜLASƏ

Elmi məqalədə suaşıran bənd tipli səviyyəqaldıran hidrotexniki qurğunun bünövrəsində sızma əleyhinə drenaj, bitmiş və asma şpuntların tətbiqinə baxılır. Asma şpuntun altından keçən sızma axınının sərfi təyin edilir. Asma və bitmiş şpunt divarların deformasiyaya hesablanması üçün zəruri düsturlar əldə edilir. Qurğunun bünövrəsində müxtəlif mövqelərdə yerləşdirilmiş drenajların sızma axını təsirini azaltmaqla, dayanıqlığın artırılmasındakı rolu nəzəri metodika ilə sübuta yetirilir.

**Açar sözlər:** sızma prosesi, səviyyəqaldıran hidrotexniki qurğu, bitmiş və asma şpunt çəpərlər, sızma axınının sərfi, drenaj, dayanıqlıq əmsali.

## PEZİOME

В научной статье рассматривается применение противофильтрационного дренажа, готовых и подвесных шпунтовых свай в основании водосливного гидротехнического сооружения. Определен расход фильтрационного потока, проходящего под под-

весным шпунтовым сваем. Получены необходимые формулы для расчета деформации подвесных и готовых шпунтовых стенок. Теоретически методически обоснована роль дрена, размещенных в разных положениях в основании сооружения, в снижении влияния фильтрационного потока и повышении устойчивости.

**Ключевые слова:** процесс фильтрации, гидротехническое устройство повышения уровня, готовые и подвесные шпунтовые стенки, скорость фильтрационного потока, дренаж, коэффициент устойчивости.

### **SUMMARY**

The scientific article examines the use of anti-seepage drainage, prefabricated and sus-

pending sheet piles in the foundation of a spillway hydraulic structure. The flow rate of the seepage flow passing under the suspended sheet pile is determined. The necessary formulas for calculating the deformation of suspended and prefabricated sheet pile walls are obtained. The role of drains placed in different positions in the foundation of the structure in reducing the influence of the seepage flow and increasing stability is theoretically and methodically substantiated.

**Key words:** filtration process, hydraulic level raising device, prefabricated and suspended sheet pile walls, filtration flow rate, drainage, stability coefficient.

*Məqaləyə AzMIU-nun "Meliorasiya və su təsərrüfatı tikintisi" kafedrasının dosenti A.Ə. Mürsəlov rəy vermişdir.*

**UCD 627.8**

**MAMMADOV A.J., AZIZOV H.B.**

*Azerbaijan University of Architecture and Construction*

*[mammadovahad23@icloud.com](mailto:mammadovahad23@icloud.com), [hamzaazizov0407@gmail.com](mailto:hamzaazizov0407@gmail.com)*

### **DEVELOPMENT OF AN IMPROVED METHODOLOGY FOR MODELING AND TESTING CONCRETE DAMS UNDER DYNAMIC LOADS**

Before the advent of computers and at the initial stage of their development, analytical methods for solving problems of the theory of elasticity and structural mechanics were widely used to calculate the stress-strain state of structures [10]. With the increasing need to solve more complex problems, methods for calculating and assessing the strength of building structures based on computer modeling have become widespread. Gradually, the finite element method (FEM) has pushed aside analytical and engineering assessment approaches. Currently, FEM is used in various fields of engineering to model phenomena described by differential equations [11-13]. When performing engineering calculations, it is customary to use universally certified commercial software packages. However, in some cases, special software developments aimed at sol-

ving highly specialized problems are often used, which allows for more complete control over the solution process. As for GTS calculations, one can note the developments of A.M. Belostotsky, A.V. Vovkushevsky, L.A. Gordon, B.A. Shoikhet [13].

The mathematical model of concrete hydraulic structures can be characterized in three main directions:

- how closely the geometry of the structure and the area of the foundation under it are taken into account to the real object;
- how accurately the behavior of the material is described;
- how loads and effects are modeled.

Computational models should take into account the conditions of interaction of structural elements not only with each other, but also with the foundation [14]. The issues of

accounting for the joint work of a foundation with a structure, including dynamic loads, were addressed, among others, by O.A. Savinov, A.G. Tyapin [13], A.M. Uzdin, I.U. Albert [1], A.S. Bestuzheva [3], B.V. Zeytli and others. For the correct modeling of the joint work of the structure with the foundation, it is necessary to take into account the division of the interior of the region into various engineering and geological elements, which is especially important when modeling the dynamic behavior of concrete dams. The choice of the size of the computational domain depends on the problem being solved. Researchers try to limit the intended area of the foundation as much as possible by specifying appropriate conditions along the edges to reduce computational costs. It should also be noted that the consideration of tectonic faults when modeling rock foundations is an important factor affecting the strength of concrete dams.

The selection of calculated values of the physical and mechanical properties of materials is a separate, extensive problem. In the simplest cases, the relations of the theory of elasticity are used for the mathematical description of the properties of materials. The values of the parameters of the main materials taken into account in the calculations are usually determined based on the results of geological surveys. The elastic moduli of concrete are taken on the basis of known standard values, and in some cases are determined by laboratory tests. It should be noted that due to the presence of various inequalities, the so-called elastic modulus of the structure differs from the elastic modulus of the concrete itself.

The first attempts to quantitatively assess and take into account the seismic effect when calculating dam structures can be attributed to the beginning of the 20th century. The Japanese scientist F. Omori proposed a static theory for calculating structures under seismic loads. In this case, the structure is assumed to be completely rigid, and inertial seismic loads are calculated without taking into account the natural vibrations of the

structure itself. Seismic forces are applied statically at the center of gravity, and the structure is calculated based on their action. An obvious drawback of this method is that it does not take into account the deformations of the structure. Thus, the static theory is valid only for sufficiently rigid structures, the deformations of which cannot be taken into account. However, thanks to its application, it was possible for the first time to take into account seismic forces quantitatively and reduce the design of earthquake-resistant structures to the solution of an engineering problem. A simplified quasi-static approach to modeling dynamic effects is still used in engineering practice, for example, when taking into account loads arising from the impact of flying objects or explosions. In this case, the calculated dynamic effect is replaced by a static load multiplied by a dynamic coefficient chosen in such a way as to ensure sufficient conservatism of the results. In the 20s of the last century, the Soviet scientist K. S. Zavriyev drew attention to the role of the structure's own vibrations in dam damage during the initial period of an earthquake. In 1934, the French scientist M. Bio developed a spectral method for determining seismic forces. The main idea of this method is that the dependence of the dynamic coefficient on the vibration frequency is obtained as a result of processing records of ground vibrations – accelerograms corresponding to actual earthquakes.

The pressure of the formation fluid on the surface of the structure caused by seismic vibrations has a significant effect on the structural parameters of the structure itself. In engineering practice, an easily implemented method for accounting for the dynamic interaction of the structure with the water environment is widespread, which is based on the assumption of fluid incompressibility. Westergaard obtained the distribution of fluid pressures under seismic action. He showed that the interaction forces of the dam and the reservoir in contact are proportional to the seismic accelerations, and therefore, with some assumptions, they can be modeled as

additional masses distributed over the pressure surface of the dam. The additional mass method is widespread and forms the basis of the methods recommended in regulatory documents [4].

Modeling the effect of the dynamic action of the reservoir using additional masses usually allows us to obtain estimates of the structure.

The following approaches to modeling the fluid region taking into account compressibility can be distinguished. One of them uses the equations of acoustic oscillations, where the pressure in the fluid is taken as an unknown. Another is the application of equations for the fluid region similar to the equations for the "solid" part of the system. In this case, it is recommended to use Poisson's ratio values not less than 0.4995, which allows to obtain a sufficient approximation of the results of the solution of the problem of interaction between the fluid region and the structure [5]. When solving such problems numerically by the FEM method, both 8-node three-dimensional elements [1] and 20-node elements [9] can be used to model the fluid region. An important factor affecting the calculation results when modeling a reservoir is the correct definition of the boundary conditions in the contact zone of the fluid and at the bottom of the reservoir [14]. The bottom of the reservoir and the sediments accumulated on it have the ability to absorb part of the energy of waves propagating in the fluid. Issues related to this effect are considered, for example, in [13]. The effect of sediments can be taken into account in the computational model both by direct modeling of the layer with the appropriate physical and mechanical properties, and by an additional term in the equations describing the contact of the base with the liquid zone [5].

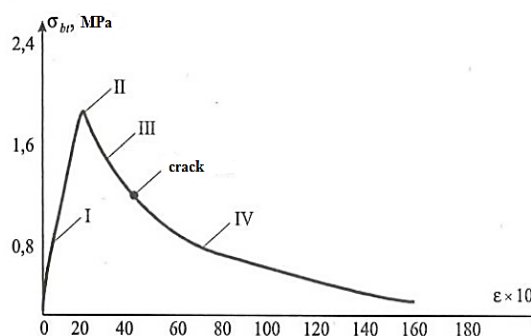
In general, the nonlinear behavior of concrete is determined by both its plastic deformation and the formation of microcracks. When concrete is destroyed, plastic flow is practically absent, and almost the entire zone of nonlinear deformations is the zone of pre-destruction:

I – ascending branch, increase in potential energy of deformations;

II – initial stage of concrete destruction, corresponding to localization of deformations;

III – descending branch before macrocrack formation;

IV – development of macrocrack

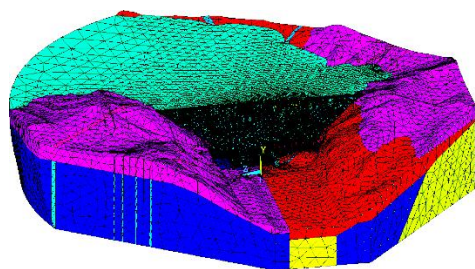


*Figure 1. – Full equilibrium diagram of concrete deformation under tension*

The second and third sections describe the behavior of concrete that has not lost its strength, but is associated with the active formation of microcracks, which are characterized by the appearance of destruction, probably with the accumulation of irreversible deformations. Microcracks are probably evenly distributed in the pre-collapse zone. The fourth, flatter section in the descending branch of the deformation diagram is associated with an increase in the deformation gradient during the destruction of the test specimen. The dependences of concrete stresses on the deformations given in the literature, obtained on the basis of experimental data, are of a similar nature; only the division of these diagrams into characteristic sections differs slightly, which is self-evident.

The main three-dimensional computational model includes a dam, a hydroelectric power station building, an adjacent area of the rock foundation and a reservoir. When building the computational model, the heterogeneity of the physical and mechanical properties of the rock foundation and a concrete dam is taken into account,

which allows you to vary the degree of participation of various structural elements in the static and dynamic work of the structure. When constructing the area of the rock foundation, it is necessary to take into account, if possible, the presence of tectonic faults, for which reduced values of elastic moduli are assumed. The documents study the influence of tectonic faults on the stress-strain state of the dam. In the presented diagram (Figure 2), materials with different physical and mechanical properties are shown in different colors. An enlarged fragment of the three-dimensional model of the dam zone is shown in Figure 2. The finite element model of the “structure-foundation-collector” system consists of 288821 nodes and 1560435 elements [4].



*Figure 2. – Three-dimensional finite element model of the “structure-foundation-collector” system*

In the course of the test calculations, along with spatial calculation schemes, the calculation schemes of the plane problem were also used. Based on the information on the geometry and zoning of the parameters of the materials of the middle parts of the corresponding sections of the spatial model, the author built two-dimensional models of three typical sections [4]:

1. The section 16 model (blind) includes 6006 nodes, 19606 degrees of freedom, 5990 elements (4460 elements of type PLANE182, 1452 elements of type FLUID29, 12 elements of type FLUID129, 14 elements of type COMBIN14).
2. Model of the 19th unit (station) 16263 nodes, 51179 degrees of freedom, 15968 elements (13577 elements of type PLANE182, 2238 elements of type FLUID29, 15

elements of type FLUID129, 138 elements of type COMBIN14).

3. Model of the 29th unit (battlefield) 7707 nodes, 20324 degrees of freedom, 7510 elements (5948 elements of type PLANE182, 1480 elements of type FLUID29, 12 elements of type FLUID129, 70 elements of type COMBIN14).

## **RESULTS**

Based on the analysis of the results of computational studies of the stress-strain state of a concrete dam using various approaches to modeling seismic action, the characteristics of the dynamic interaction of the structure with the formation fluid and the establishment of boundary conditions along the edges of the computational domain, the main advantages and disadvantages of the considered approaches have been identified. It is shown that when numerically modeling the structure-line system without taking into account the effect of the sediment layer, overestimated peak values of the dam's stresses and displacements are observed. In this case, the damping effect of precipitation depends on the thickness and dynamic properties of the modeled layer, which significantly affects the stress-strain state of the dam model.

## **REFERENCES**

1. Беллендир, Е.Н. Вероятностные методы оценки надежности грунтовых гидротехнических сооружений /Е.Н. Беллендир, Д.А. Ивашинцов, Д.В. Стефанишин, О.М. Финагенов, С.Г. Шульман // СПб.: ОАО ВНИИГ им. БЕ Веденеева. – 2003. – Т. 2004.
2. Ахмедов, М.А. Землетрясения и безопасность плотин / М.А. Ахмедов, К.Д. Салямова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. - 2015. - №.5.
3. <http://blog.rushydro.ru/?p=3907>
4. СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная

редакция СНиП П-7-81. – М., 2018.

5. СП 41.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.06.08-87. – М., 2012.
6. СП 58.13330.2012 Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003. – М., 2013.
7. СП 40.13330.2012 Плотины бетонные и железобетонные. Актуализированная редакция СНиП 2.06.06-85. – М., 2013.
8. СП 358.1325800.2017 Сооружения гидротехнические. Правила проектирования и строительства в сейсмических районах. – М., 2018.
9. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. – М., 2015.
10. Храпков, А.А. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния бетонных железобетонных конструкций энергетических сооружений / А.А. Храпков, Б.В. Цейтлин, А.Е. Скворцова // Гидротехническое строительство. - 2011. - №. 9. - С. 60-67.
11. Корнеев, В.Г. Схемы метода конечных элементов высоких порядков точности / В.Г. Корнеев. – Л.: Издательство Ленинградского университета, 1977. – 208 с.
12. Агапов, В.П. Метод конечных элементов в статике, динамике и устойчивости конструкций / В.П. Агапов. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов. 2004. – 248 с.
13. Зенкевич, О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич. – М.: Мир. 1975. – 541с.
14. Белостоцкий, А.М. Научно-исследовательский центр СтаДиО. 25 лет на фронте численного моделирования / А.М. Белостоцкий, П.А. Акимов // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2016. – Т. 12. – №. 1. – С. 8-45.

## **XÜLASƏ**

Hazırda qüvvədə olan normativ sənədlərdə seysmik yüklər altında beton hidrotexniki qurğuların dinamik davranışının xüsusiyyətlərinin daha dolğun nəzərə alınması tövsiyə olunur və hidrotexniki qurğuların, məsələn, yüksək çəkisi olan beton bəndlərin möhkəmliyi seysmik müqavimətin dinamik nəzəriyyəsinə istisna ilə istifadə etməklə qiymətləndirilməlidir [4-8]. Bu cür problemlərin həlli üçün xüsusi vahid metodologiya olmadıqda, dinamik yüklər altında "quruluş-təməl-kollektor" sisteminin işinin modelləşdirilməsi xüsusiyyətləri ilə bağlı bir sıra suallar yaranır. Konstruksiya elementlərinin qismən dağılmasına səbəb ola biləcək qəza yükləri altında konstruksiyaların dinamik davranışının düzgün modelləşdirilməsi [9] üçün betonun qeyri-xətti davranışının xüsusiyyətlərini nəzərə alaraq həll olunan problemlərə adekvat hesablama modellərindən istifadə etmək lazımdır. Tədqiqatın obyektini dinamik yüklərə məruz qalan beton hidrotexniki qurğulardır. Tədqiqatın predmeti dinamik yüklərin, o cümlədən seysmik təsirlərin yaratdığı "konstruksiya-bünövrə-lay" sisteminin gərginlik-deformasiya vəziyyətinin parametrlərini müəyyən etməkdir.

**Açar sözlər:** *obyekt, hidrodinamik tor, struktur-bünövrə-rezervuar, hidravlik sıçrayış.*

## **РЕЗЮМЕ**

В действующих нормативных документах рекомендуется более полно учитывать особенности динамического поведения бетонных гидротехнических сооружений под сейсмическими нагрузками, и прочность гидротехнических сооружений, например, бетонных плотин с большой массой, должна оцениваться с использованием теории динамической сейсмостойкости [4-8]. При отсутствии специальной единой методологии для решения таких задач возникает ряд вопросов, связанных с особенностями моделирования работы системы "сооружение-фундамент-резервуар" под дей-

ствием динамических нагрузок. Для корректного моделирования динамического поведения конструкций при аварийных нагрузках, которые могут вызвать частичное разрушение элементов конструкции [9], необходимо использовать расчетные модели, адекватные решаемым задачам, с учетом особенностей нелинейного поведения бетона. Объектом исследования являются бетонные гидротехнические сооружения, подвергающиеся динамическим нагрузкам. Предметом исследования является определение параметров напряженно-деформированного состояния системы "конструкция–основание–слой" под воздействием динамических нагрузок, в том числе сейсмических.

**Ключевые слова:** объект, гидродинамическая сеть, конструкция–основание–резервуар, гидравлический прыжок

#### SUMMARY

Current normative documents recommend a more comprehensive consideration of the dynamic behavior characteristics of concrete hydraulic structures under seismic loads. The structural integrity of hydraulic faci-

lities, such as massive concrete dams, should be assessed using the dynamic theory of seismic resistance [4–8]. In the absence of a unified methodology for solving such problems, several issues arise related to the modeling features of the “structure–foundation–reservoir” system under dynamic loading. For accurate modeling of the dynamic behavior of structures under accidental loads that may cause partial failure of structural elements [9], it is necessary to apply computational models that are adequate for the problem being solved, taking into account the nonlinear behavior characteristics of concrete.

The object of the research is concrete hydraulic structures subjected to dynamic loading. The subject of the research is to determine the parameters of the stress-strain state of the “structure–foundation–layer” system under dynamic effects, including seismic impacts.

**Keywords:** object, hydrodynamic network, structure–foundation–reservoir, hydraulic jump.

*Məqaləyə AzMİU-nun “Meliorasiya və su təsərrüfatı tikintisi” kafedrasının dosenti N.A. Səfərova rəy vermişdir.*

УДК 631.67

**HƏSƏNOV F.H., HÜSEYNOV İ.Y.**

*Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti*  
*hidro.fh@mail.ru, hismayil0702@gmail.com*

#### TƏRTƏRÇAYIN SU EHTİYATLARINDAN SƏMƏRƏLİ İSTİFADƏ OLUNMASI İSTİQAMƏTİNDƏ HƏYATA KEÇİRİLMİŞ LAYİHƏLƏR

**Giriş.** Dünya üzərində su ehtiyatlarının səmərəli istifadəsi bir çox regionlar üçün əsas məsələlərdən biridir. Su ehtiyatlarının formalaşmasında daxili suların payı Gürcüstanda və Ermənistanda 80%-ə qədər təşkil etdiyi halda, Azərbaycanda bu göstərici cəmi 20%-dir. Ölkəmizdə su ehtiyatlarının təxminən 80%-i transsərhəd çaylar - Kür və Araz hesabına formalaşır. İqlim dəyişiklikləri nəticəsində ölkədə illik yağıntıların azalması, buxarlanmanın artması, əkin sahələrinin geniş-

lənməsi və əhalinin sayının çoxalması ilə suya olan tələbat hər il daha da artır. Bu amilərlə bəzən bəlgələrdə, su çatışmazlığından yaranan problemləri daha da kəskinləşdirir. Kənd təsərrüfatında sahələrdə israfçılıqla müşa-yiət olunan səth suvarma texnikası və istismar müddəti başa çatmış suvarma sistemləri mövcud vəziyyəti daha da çətinləşdirir. Bu baxımdan, Tərtərçay hövzəsinin tədqiqi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

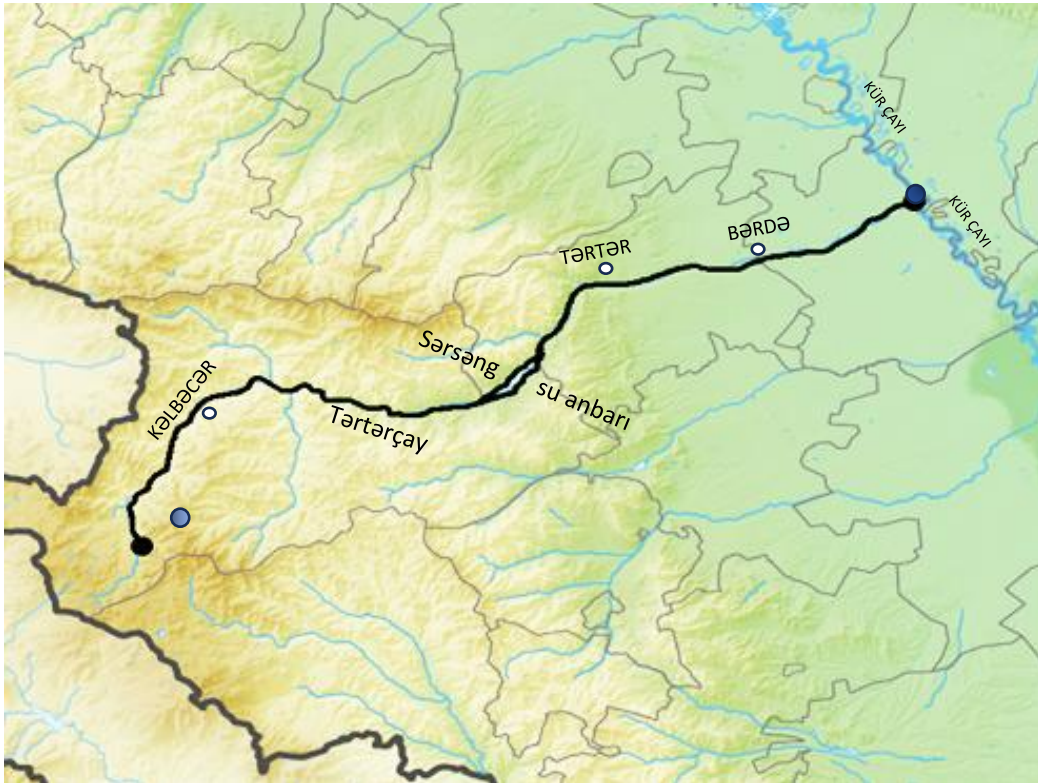
Tərtərçay Azərbaycanın qərb bölgəsində

yerləşən və Kür çayına tökülən mühüm sol qollardan biridir. Onun hidroqrafik şəbəkəsi və su ehtiyatları uzun illər ərzində bölgənin - xüsusilə Tərtər, Goranboy, Ağdam, Bərdə və Yevlax rayonlarının kənd təsərrüfatı sahəsində və becərilən bitkiərin suvarma təminatında əsas rol oynamışdır. Çay üzərində inşa edilmiş Sərsəng və Suqovuşan su anbarları isə meliorativ və enerji obyektləri olmaqla həm suvarma sahələrinin genişləndirilməsi, həm də ekoloji tarazlığın qorunması baxımından strateji əvəzolunmaz əhəmiyyətə malikdir. 1990-cı illərin əvvəllərində Ermənistan tərəfindən Tərtərçay hövzəsinin yuxarı axarının və hidroqurğularının yerləşdiyi ərazilərin işğal nəticəsində çayın idarə edilməsi imkanları Azərbaycan tərəfindən itirilmiş, su ehtiyatları siyasi təzyiqlə silahına çevrilmiş, nəticədə bölgədə kənd təsərrüfatı, əkin sahələrinin məhsuldarlığı və əhalinin həyat səviyyəsi ciddi şəkildə zərər görmüşdür. 2020-ci ildə işğal altında olan ərazilərin azad olunmasından sonra, Tərtərçay hövzəsində həyata keçirilən və planlaşdırılan meliorasiya və su tə-

sərrüfatı sahəsində tələb olunan layihələrinin yenidən həyata keçirilməsi aktuallaşmışdır.

Tərtərçay hövzəsi orografik baxımdan müxtəlif təbii sərhədlərlə əhatə olunmuşdur. Hövzənin şimal hissəsi Murovdağ silsiləsi ilə, qərb hissəsi xüsusilə Dəlidağ və Keyti dağları olmaqla Qarabağ vulkanik yaylası ilə, şərq tərəfi Yuxarı Qarabağ düzənliyi ilə, cənub hissəsi isə Qarabağ silsiləsi ilə məhdudlaşır. Tərtərçayı mənbəyini Kiçik Qafqaz dağları, Qonqur, Alaköz və Mıxtökən silsiləsinin birləşdiyi ərazidə 3120 m yüksəklikdə axan bulaqlardan mənbəyini götürür və müxtəlif coğrafi regionlardan keçərək Kür çayı ilə qovuşan hissədə yer səthindən yüksəkliyi 15 m-dir. Kür çayının ən böyük sol qollarından biridir. Uzunluğu 184 km olan çayın hövzəsinin sahəsi 2650 km<sup>2</sup>-dir. Tərtərçayın hövzəsi Azərbaycanın həm dağlıq, həm də düzənlik ərazilərini əhatə edir [1; 2].

Tərtərçay Azərbaycanın Qərb bölgəsində yerləşən Kəlbəcər, Ağdərə, Tərtər və Bərdə rayonları ərazisindən keçir (şəkil1).



*Şəkil 1. Tərtərçay Azərbaycan Respublikasının fiziki xəritəsində*  
(Mənbə: ● 39°55' şm. e. 45°58' ş. u. Mənsəb: ● 40°26' şm. e. 47°18' ş. u.)

Bu ərazidə relyefin dikliyi səbəbindən axışı sürətli olan çay, Laçın rayonunun dar və dik vadilərindən keçir, bu da suyun kəskin enişlər yaratmasına səbəb olur. Laçın rayonu, Tərtərçayın formalaşmasında əsas rol oynayan coğrafi ərazilərdən biridir. Burada çayın dibində çınqıl, qum və digər çöküntü materiallarının yığılması, çayın akvatoriyasını formalaşdırır [4].

Tərtər rayonuna daxil olan Tərtərçay, burada torpaq resursları ilə zəngin ərazilərdə suvarma sistemlərinin formalaşmasına imkan yaradır. Düzənliklərin genişliyi bu bölgənin kənd təsərrüfatı sahəsi üçün əlverişli şərait yaradır [2].

Yay ayları isti və quraq, qış ayları isə soyuq və nisbətən yağıntılı olan Tərtərçay hövzəsi, mülayim kontinental iqlim şəraitinə malikdir. Tərtərçayın keçdiyi Tərtər rayonu, Kiçik Qafqaz dağlarının cənub yamacında yerləşdiyi üçün burada iqlim göstəriciləri, həm dağlıq, həm də düzənlik ərazilərdə müxtəliflik göstərir. İllik orta temperatur 8-12°C arasında dəyişir, yay aylarında temperatur 20-30°C, qış aylarında isə -5°C-dən -15°C-yə qədər enir [4].

Iqlim şəraitinin formalaşmasında mühüm rol oynayan faktorlardan biri də, Tərtərçayın axdığı ərazilərdə yağışların miqdarı və paylanmasıdır. Çay hövzəsində illik yağıntı miqdarı 600-1000 mm arasında dəyişir. Yağışlı günlər əsasən yaz və payız aylarında daha intensiv müşahidə olur.

Tərtərçayın iqlimində külək rejimi də mühüm rol oynayır. Külək, bölgədəki atmosfer təzyiqinin dəyişmələrindən təsirlənir. Tərtər rayonunda küləklərin dominant istiqaməti, adətən qərb və cənub-qərb istiqamətləridir. Külək sürəti, ortalama olaraq 2-5 m/s arasında dəyişir, lakin bəzi zamanlarda bu sürət 10 m/s-yə qədər çata bilər.

Çayın geoloji və hidrogeoloji şəraiti, onun hidrografik xüsusiyyətlərini, su ehtiyatlarını və ekosistemini formalaşdıran mühüm amillərdən biridir. Tərtərçayın axdığı ərazilərdəki geoloji quruluş, su ehtiyatlarının mövcudluğuna, suyun keyfiyyətinə və hidroloji rejiminə təsir edir. Tərtərçayın yuxarı axınında əsasən effuziv süxurlar (porfiridlər,

andezitlər və s.), tuflu piroklastlar üstünlük təşkil edir, bununla yanaşı, müəyyən miqdarda argillitlər, qumdaşları və əhəngdaşlarına da rast gəlinir.

Tərtər çayı hövzəsi, Azərbaycanın əhəmiyyətli təbii resurslarından biridir və bu regionun torpaq və bitki örtüyü onun coğrafi və iqtisadi inkişafında mühüm rol oynayır. Bu ərazi müxtəlif landşaft və ekosistemlərlə zəngindir ki, bu da bölgənin kənd təsərrüfatı və iqtisadi potensialını müəyyən edir. Tədqiqatlar göstərir ki, Tərtərçay hövzəsinin torpaq və bitki örtüyü, onun coğrafi mövqeyinə, iqlim şəraitinə və geomorfoloji xüsusiyyətlərinə əsaslanaraq formalaşır.

Tərtərçay hövzəsinin torpaq örtüyü çoxşaxəlidir və burada müxtəlif tip torpaq növləri mövcuddur. Bu torpaqların əsas xüsusiyyətləri aşağıdakılardır:

- *Alüvial Torpaqlar:* Tərtərçay boyunca geniş yayılan alüvial torpaqlar, əsasən çayın gətirdiyi çöküntülərdən formalaşır. Bu torpaqlar məhsuldarlıq baxımından zəngindir və suvarma şəraitində yüksək kənd təsərrüfatı məhsuldarlığı təmin edir [4]. Alüvial torpaqlar, xüsusən pambıq, taxıl və tərəvəz bitkilərinin becərilməsində geniş istifadə olunur.
- *Qəhvəyi Dağ-Meşə Torpaqları:* Tərtərçay hövzəsinin dağlıq ərazilərində qəhvəyi dağ-meşə torpaqları üstünlük təşkil edir. Bu torpaqlar, üzvi maddələrlə zəngin olub meşə təsərrüfatı və heyvandarlıq üçün əhəmiyyətlidir. Qəhvəyi torpaqların yüksək məhsuldarlığı, əsasən meyvə ağaclarının və digər meşə bitkilərinin yetişdirilməsinə imkan verir.
- *Çəmən-Bozqır Torpaqları:* Aşağı düzənliklərdə və yarımşəhra ərazilərində çəmən-bozqır torpaqları geniş yayılıb. Bu torpaq növü əsasən otlaqlar və heyvandarlıq üçün istifadə olunur. Regionda otlaqların çoxluğu, burada qoyunçuluq və maldarlıq kimi kənd təsərrüfatı sahələrinin inkişafına səbəb olur.

Torpaq növləri müxtəlif olduğuna görə, bu regionda kənd təsərrüfatının diversifikasiyası mümkündür və iqtisadi potensial yüksəkdir. Bu ərazilərdə torpaqların məhsuldarlığı

suvarma sistemləri ilə dəstəkləndikdə, xüsusilə dənli bitkilər, pambıq və tərəvəz becərilməsi artırılır. Bundan əlavə, yerli torpaq resursları qida, həm də heyvandarlıq sahəsinin inkişaf etdirilməsi məqsədi ilə istifadə olunur.

Tərtərçay, ətraf ərazilərdə kənd təsərrüfatı üçün əsas su mənbəyidir. Çaydan suvarma üçün istifadə edilən sahələr, pambıq, taxıl, tərəvəz və meyvə bitkiləridir. Həcmi 560 milyon kubmetr olan Sərsəng su anbarı vasitəsilə Tərtərçayın hidroloji rejimini tənzimləyir və suyun daha səmərəli və davamlı şəkildə istifadəsinə imkan verir.

Tərtərçayın başlıca qolları soldan uzunluğu 36 km olan Levçay, 19 km olan Ağdabançay, 35 km olan Torağaçay, Dal Qılışlı çayı, Alolar suyu və Zəylik çaylarıdır. Çayın sağ qolları içərisində ən sulusu Tutxun çayıdır, bundan başqa Araçay, Umudlu çayı və digər bir neçə kiçik çay da bu çayın qolları sırasına daxildir.

**Levçay:** Tərtərçayın sol qolu olan Levçay, Kəlbəcər rayonunun ərazisindən axır. 36 km uzunluğa malik olan çayın hövzəsinin sahəsi 367 km<sup>2</sup>-ə bərabərdir. Hinaldağın cənub yamacında dəniz səviyyəsindən 3250 m yüksəklikdən mənbəyini götürən çay axımını qar, yağış və yeraltı sulardan formalaşdırır. Suyu əsasən suvarma məqsədi ilə istifadə olunur.

**Torağaçay:** mənbəyini Gamişdağın şimal yamacında dəniz səviyyəsindən 3300 m yüksəklikdən götürən çay Tərtərçayın sol qolu olub və Ağdərə istiqamətinə axır. Axımının 64%-i yeraltı, 21%-i qar və 15%-i yağış sularından formalaşır. Yaz-yay aylarında qar suları hesabına çayda daşqın əmələ gəlir. Çay illik axımın daşqın dövründə 65–70%-ni keçir. Asılı orta götürmələr illik 0,42 kq/s, lillənməsi isə 137 q/m<sup>3</sup>-dir. Çay suyu əsasən suvarma məqsədi ilə istifadə olunur.

**Tutxun çayı:** Hövzəsinin sahəsi 521 km<sup>2</sup> olan Tutxun çayı Tərtərçayın sağ qoludur və çayın uzunluğu 35 km-ə bərabərdir. Çayın mənbəyi Kiçik Qafqazın dəniz səviyyəsindən 2200 m yüksəklikdən başlayır. Axımının 45–60%-i yeraltı, 30–40%-i qar, 10–15% isə yağış suları hesabına formalaşır. Qar suları hesabına çayda yaz-yay aylarında daşqın

əmələ gəli. İllik axımın 45–50%-i aprel-iyun aylarında keçir. Yay mövsümündə yağan yağışlar suyu bəzən yaz dövründəki daşqınlardan fərqli olaraq başqa tip daşqınların əmələ gəlməsinə səbəb ola bilər. Ən az su sərfi çayda yanvar ayında müşahidə edilir. İllik axım həcminin 2–3%-ni bu dövrdə keçən axım təşkil edir.

**Qaraxançalı çayı:** Uzunluğu 24 km olan Qaraxançalı çayı Tutxun çayının sol qoludur. Hövzəsinin sahəsi 181 km<sup>2</sup> olan çay Kəlbəcər rayonunun ərazisindən axır. Mənbəyini dəniz səviyyəsindən 2820 m yüksəklikdə yerləşən Kiçik Qafqazın şimal-şərq yamacında götürür. Qismən suvarma işlərində istifadə olunan çayın axımı yeraltı, yağış və qar suları hesabına formalaşır.

**Qaraarxac çayı (Sərkər suyu):** Qaraarxac çayı başqa adı ilə Sərkər suyu Tərtərçayın sol qoludur. Mənbəyini Keçəldağ və Allagöllər-Sarıyer yüksəkliklərindən götürən bu çayın uzunluğu 15 km-ə bərabərdir. Çayın axımı yeraltı, yağış və qar sularının hesabına formalaşır; yaz və yay aylarında isə qar sularının təsiri ilə çayda daşqınlar müşahidə olunur.

**Zəylik çayı:** Uzunluğu 12 km-ə yaxın olan mənbəyini Keyti dağının şərq, Qonurdağ silsiləsinin cənub yüksəkliklərindən götürən Zəylik çayı Tərtərçayın sol qolu olub. Axımı yeraltı, yağış və qar sularından formalaşır. Çayın axımı yeraltı, yağış və qar sularının hesabına formalaşır; yaz və yay aylarında isə qar sularının təsiri ilə çayda daşqınlar müşahidə olunur.

**Zar çayı:** Mənbəyini Ağduzdağ dağının şərq və Qazanuçan dağ silsiləsinin şimal-şərq, Keyti dağının cənub-qərb və qərb, yüksəkliklərindən alan, uzunluğu 9 km-ə yaxın olan Zar çayı Zəylik çayının sağ qoludur. Suyundan suvarma işlərində istifadə olunan çayda yaz və yay aylarında qar sularının təsiri daşqınlar müşahidə olunur.

**Keşdək çayı (Alolar suyu):** Keşdək çayı başqa adı ilə Alolar suyu Tərtərçayın sol qoludur. Mənbəyini Qonqur dağının şərq və Qumlu dağın cənub yüksəkliklərindən götürür. Axımı yeraltı, yağış və qar sularından formalaşır. Yaz-yay aylarında qar suları çayda

daşqın əmələ gətirir. Çayın suyundan suvarma işlərində istifadə olunur.

Tərtərçaydan su alan kanallar, əsasən Azərbaycanın qərb bölgələrində, xüsusən Tərtər, Ağdam, Bərdə, Goranboy, Yevlax və Ağcəbədi rayonlarının suvarma və su təminatında böyük rol oynayır. Bu çaydan müxtəlif suanbarları, hidroqovşaqlar və suvarma kanalları çəkilərək kənd təsərrüfatını inkişaf etdirmək üçün istifadə olunur.

Tərtərçay üzərində inşa edilmiş və ümumi tutumu 550 milyon m<sup>3</sup> olan, 143,5 min hektar əkin sahəsinin suvarma suyu ilə təmin etmək gücünə malik, Sərsəng su anbarı istifadəyə verilmişdir. Bundan əlavə, eyni dövrdə həcmi 5,86 milyon m<sup>3</sup> olan Suqovuşan su anbarı Tərtərçay və Turağaçay çayları üzərində inşa edilərək, istismara daxil edilmişdir. Su təminatının yaxşılaşdırılması məqsədilə mənbəyi Suqovuşan su anbarı olan və tam beton örtüklə tikilmiş bir neçə magistral kanallar da inşa olunmuşdur. Onlardan Sağ sahil Tərtərçay magistral kanalının uzunluğu 70,2 km, su buraxma gücü isə 50 m<sup>3</sup>/saniyə təşkil edir. Kanal Ağdərə, Ağdam, Tərtər, Bərdə rayonlarında keçir və 50 min ha sahənin suvarılmasını təmin edir. Tərtər və Goranboy rayonlarından keçən 20 min ha sahəni suvarma suyu ilə təmin edən Sol sahil Tərtərçay magistral kanalının isə uzunluğu 22,4 km, sərfi 20,5 m<sup>3</sup>/saniyədir.

XX əsrin 70-ci illərində Qarabağın kənd təsərrüfatının inkişafı üçün meliorasiya və irriqasiya işləri daha da genişləndirildi. Ümummillə lider Heydər Əliyev Qarabağ regionunun kənd təsərrüfatının su təminatı məsələsi dövlət səviyyəsində xüsusi diqqət mərkəzində saxlanılmışdır.

Həmin illərdə kolxoz və sovxoz təsərrüfatlarında 100–400 metr dərinliyə malik artesian quyularının qazılması təmin olunmuş,

1971–1975-ci illər ərzində əsas çaylardan suyun əkin sahələrinə verilməsi üçün ümumilikdə 86 mexaniki aqreqat istifadəyə verilmişdir. Heydər Əliyevin uzaqgörən siyasəti nəticəsində həyata keçirilən kompleks meliorasiya tədbirləri torpaqdan daha səmərəli istifadəni mümkün etmişdir. Belə ki, suvarılan əkin sahələrinin ümumi həcmi 1970-ci ildə 41 726 hektardan 1985-ci ildə 57 938 hektara qədər artırılmışdır (şəkil 2). Qarabağda kənd təsərrüfatı sahəsində əldə edilən nailiyyətlərdə suvarma infrastrukturunun genişləndirilməsi həlledici rol oynamışdır (cədvəl 1).

Sərsəng su anbarı Azərbaycanın qərbində yerləşir. Coğrafi baxımdan Qarabağ bölgəsinin şimal-şərqində, Tərtər rayonunun inzibati ərazisinə yaxın bir sahədə, dəniz səviyyəsindən təxminən 726 metr yüksəklikdə yerləşir.



*Şəkil 2. Sağ sahil magistral kanalının təsir zonasındakı sahənin sxematik xəritəsi.*

**Cədvəl 1.**

**Tərtərçaydan su alan kanallar haqqında məlumatlar**

<b>Kanalın adı</b>	<b>İstifadəyə verilmə ili</b>	<b>Uzunluğu (km)</b>	<b>Suvarılan sahə (min ha)</b>	<b>Keçdiyi rayonlar</b>	<b>Su mənbəyi</b>
Tərtərçay sol sahil kanalı	1976	24,3	20	Tərtər, Goranboy	Tərtərçay
Tərtərçay sağ sahil kanalı	1976	68,3	50	Ağdərə, Ağdam, Tərtər, Bərdə	Tərtərçay

Bu ərazilərdə iqlim quraq və yarı-quraq iqlim tiplərinə uyğun gəlir. İllik yağıntının miqdarı 400-600 mm arasında dəyişir. Əkinçilik və suvarma sistemlərinin effektiv fəaliyyətini təmin etmək üçün əlavə su mənbələrinə tələbat vardır.

Sərsəng su anbarı 60 mln m<sup>3</sup> ölü həcmə malikdir. Anbarın su səviyyəsi normal dolma səviyyəsində 726 m-ə qədər qalxır və daşqın suları buraxıldığı zaman maksimum 728,5 m-ə çatır. Ölü həcm səviyyəsi 662 m olan bu anbar, normal dolma səviyyəsində təxminən 11,75 km uzunluğa və 1,75 km enə malikdir, suyun maksimal dərinliyi isə 103 metr təşkil edir. Normal səviyyədə Sərsəng su anbarının su güzgüsünün sahəsi 1346 ha, ölü həcm zamanı isə cəmi 270 ha-dır. Anbarın sahil xətti ümumilikdə 50,25 km. Su anbarının bəndi 555,1 metr uzunluqda olub, üst eni 10,2 metr, hündürlüyü isə 125 metrdir (şəkil 3) [5].

Erməni işğalı dövründə, 1993-2023-cü illərdə anbara və onun qurğularına uzun müddətdir ki, yetərli kompleks texniki xidmət göstərilmədiyi üçün anbarın texniki təhlükəsizlik baxımından qənaətbəxş olmadığı ehtimal olunur. Sərsəng su anbarı işğal olunmuş ərazidə yerləşdiyindən onun bəndinin qəza və ya təxribat nəticəsində dağılması anbardan aşağıda yerləşən yaşayış məntəqələri üçün ciddi təhlükə yaradır.

Tərtər rayonunun bir çox kəndləri (Çaylı, Seydimli, Hacıqərvənd, Zolkəran, Düyərlü, Sarıcalı, Ələsgərli, Bayandur, Buruc, İrəvanlı, Güləbatlı, Hacallı, Yenidaşkənd, Qapanlı, Şatırlı, Qasimbəyli, Zümürxaç, İmamqulubəyli, Dilənçilər, Muğanlı) tam olaraq, bir neçəsi isə (Şıxarx qəsəbəsi, Suqovuşan, Həsənqaya, Səhləbad, Körpüsındıran, Qazaxlar, Soyulan, Dağalar, Nəzirli) qismən suyun altında qala bilər.

Suqovuşan su anbarı Tərtər rayonunun Suqovuşan ərazisində, Tərtərçay üzərində yerləşən su anbarıdır. Su anbarı kənd təsərrüfatı torpaqlarını su ilə təmin etmək məqsədilə 1975-ci ildə istismara verilmişdir. Madagiz adlanmış su anbarı Tərtər rayonunun erməni işğalında olan hissəsində yerləşirdi.

Tərtərçay və Turağayçay çaylarından daxil olan sular işğaldan əvvəl su anbarında tən-

zımlənərək, ümumi suburaxma qabiliyyəti saniyədə 70 m<sup>3</sup> olan əsas magistral kanala, kanalın 5,2 km-dən sonra isə hər birinin suburaxma qabiliyyəti saniyədə 50 və 20 m<sup>3</sup> olan Sağ Sahil və Sol Sahil magistral kanallarına verilir.



*Şəkil 3. Sərsəng hidroqovşağında bənd*

Uzunluğu 10 m olan bəndin hündürlüyü 28 m, uzunluğu 630 m, su anbarının ümumi həcmi 5.86 mln.m<sup>3</sup>, faydalı həcmi 5.21 mln.m<sup>3</sup>-dir. Anbara toplanmış su vasitəsi ilə Tərtər, Ağdərə, Goranboy, Yevlax, Bərdə, Ağdam və Ağcəbədi rayonlarında ümumilikdə 96217 ha kənd təsərrüfatı sahəsinin suvarılması nəzərdə tutulur.



*Şəkil 4. Suqovuşan su anbarının görünüşü*

Hazırda dövlət tərəfindən bölgənin meliorativ-irriqasiya sistemlərinin bərpası istiqamətində genişmiqyaslı layihələr həyata keçirilir. Bu layihələr çərçivəsində nasos stansiyaları, suvarma kanalları və kollektor-drenaj sistemləri təmir olunur, yeni suvarma texnikalarının tətbiqi istiqamətində işlər aparılır. Eyni zamanda Sərsəng su anbarının texniki

vəziyyəti öyrənilir və onun bərpa olunaraq yenidən bölgənin su təsərrüfatında mühüm rol oynaması istiqamətində tədbirlər görülür. Bu işlərin nəticəsi olaraq yaxın illərdə Tərtərçaydan istifadə imkanlarının daha da genişlənməsi və Tərtər, Goranboy, Bərdə, Ağdam ərazilərində kənd təsərrüfatı istehsalının artması gözlənilir.

Müharibə başa çatdıqdan sonra Suqovuşan anbarı vasitəsi ilə 36 min hektardan artıq kənd təsərrüfatı sahəsi su ilə təmin olunub. Həmin kənd təsərrüfatı sahəsinin 20 min 450 hektarı Tərtər, 6300 hektardan artıq Goranboy, 6038 hektarı Bərdə, 1872 hektarı isə Yevlax rayonuna aiddir. Artıq Suqovuşan su anbarında əsaslı təmir işlərinin görülməsi üçün qiymətləndirmələr aparılaraq, görüləcək işlər müəyyən olunub. Bərpa işlərinin aparılmasında əsas çətinlik yaradan faktor ərazidə həddən artıq mina olmasıdır. Suqovuşan su anbarından çıxan 5.2 km uzunluğunda olan magistral kanalın hər iki tərəfi mindən təmizlənilib. Lakin kanal uzun müddət istifadə olunmadığından hamısı dolub.

## ƏDƏBİYYAT

1. F.H.Həsənov. Qarabağın yerüstü su ehtiyatları və səmərəli istifadəsi məqsədi ilə görüləcək işlər. Bakı, 2021.
2. Quliyev F. A., Rüstəmov T. H.. Azərbaycanın hidrologiyası. Bakı, 2015. Nafta-Press.
3. Əliyev A. M., Məmmədov Q. S., Hüseynov R. R.. Azərbaycanın fiziki coğrafiyası. Bakı, 1998. Bakı Universiteti Nəşriyyatı.
4. Həsənov Ş. M. Azərbaycan çayları və onların hidroqrafiyası. Bakı, 2005. Elm Nəşriyyatı.
5. [1905.az məqaləsi](http://1905.az)

## XÜLASƏ

Məqalədə Respublikamızda mövcud su ehtiyatı, ölkəmizin ərazisində formalaşan su həcmi, əsasən Tərtərçay və onun hövzəsi, çayın qolları, hövzənin təbii şəraiti, iqlimi, torpaq və bitki örtüyü, çayın su ehtiyatından səmərəli istifadə olunması məqsədilə çay məcrasında tikilmiş Sərsəng və Suqovuşan su anbarları, bu anbarların layihə göstəriciləri 30 illik erməni işğalından sonra mövcud meliorasiya sistemlərində aparılan yenidən qurma işlərindən məlumatlar verilib.

*Açar sözlər:* Suqovuşan, su ehtiyatı, məcra, hidroqrafik sistem, relyef, çayın qolu, mexaniki aqriqat.

**Hasanov F.H., Hüseynov I.Y.**

### **Projects implemented for the efficient Use of Tartar river's water resources**

#### **ABSTRACT**

The article provides information about the existing water resources in our republic, the volume of water formed within the territory of our country, with a particular focus on the Tartar River and its basin, the river's tributaries, the natural conditions of the basin, its climate, soil and vegetation cover. It also covers the efficient utilization of the river's water resources through the construction of the Sarsang and Sugovushan reservoirs, the design parameters of these reservoirs, as well as the reconstruction works carried out in the existing reclamation systems following 30 years of Armenian occupation.

*Keywords:* Sugovushan, water resources, riverbed, hydrographic system, relief, river tributary, mechanical aggregate.

*Məqaləyə AzMIU-nun "Meliorasiya və su təsərrüfatı tikintisi" kafedrasının professoru Y.V. Qəhrəmanlı rəy vermişdir.*

UOT 725.73

MAHMUDOVA Ü.X., ƏHMƏDOVA A.F.

*Akademik H.Ə. Əliyev adına Coğrafiya İnstitutu*  
*ulker570920@gmail.com*

## **İQLİM DƏYİŞKƏNLİYİNİN AZƏRBAYCANDA SU TƏMİNATI İLƏ BAĞLI YARATDIĞI PROBLEMLƏR**

**Giriş.** İnsan cəmiyyətinin dayanıqlı inkişafı təbii resursların, o cümlədən yeraltı və yerüstü şirin su ehtiyatlarının səmərəli istifadəsindən çox asılıdır. Müasir dövrün ən aktual problemlərindən biri əhalinin və müxtəlif təsərrüfat sahələrinin etibarlı su təminatıdır. Dünya əhalisinin və tələbatların hədsiz artımı yeni torpaq sahələrinin əkin dövryyəsinə daxil edilməsinə və sənaye sahələrinin durmadan genişlənməsinə səbəb olur. Üstəlik, iqlim dəyişiklikləri nəticəsində mövcud su ehtiyatlarının azalma tendensiyası müşahidə olunur. Nəticədə, bir çox regionlarda su təminatı kəskin pisləşir. Bu işə əhalinin ərzaq təminatına və regionların ekoloji təhlükəsizliyinə birbaşa təsir göstərir.

**Təhlil və müzakirə.** Ümumdünya Meteorologiya və Səhiyyə Təşkilatlarının məlumatlarına əsasən dünyanın ümumi su ehtiyatlarının 97,7%-i dəniz və okean sularına aid olmaqla, dünyanın şirin su ehtiyatı cəmi 2,5% təşkil edir. Bunun da 70%-dən çoxu Arktika, Antarktika, Qrenlandiya buzlaqlarının payına düşür. Qalan 30% şirin su ehtiyatı əsasən yeraltı su keçirən təbəqələrdə, torpaq nəmliliklərində, çay sularında və.s.-dir. Dünya üzrə mövcud olan şirin su ehtiyatının yalnız 1%-i və ya planetin ümumi su ehtiyatının 0,007 %-i insanların mümkün istifadəsi üçün əl çatan hədd hesab olunur. Minilliklər ərzində insanların su ehtiyatlarına təsiri çox zəif olmuşdur. Təbii suların unikal xüsusiyyəti onların öz-özünə təmizlənməsi və su dövrünü nəticəsində bərpa olunmasıdır. Buna görə də çox uzun müddət ərzində su ehtiyatlarının miqdarı, demək olar ki, dəyişməmiş və keyfiyyəti pisləşməmişdir. Bu, məlum illuziya ilə nəticələnmişdir: su ehtiyatları dəyişməzdir, tükənmir və təbiətin pulsuz sərvətidir. Bu şəraitdə tarixən su ehtiyatlarından istifadəyə

etinasız münasibət, istifadə olunmuş suların təmizlənməsinə və su obyektlərinin mühafizəsinə minimal vəsaitin ayrılması konsepsiyası formalaşmışdır [1].

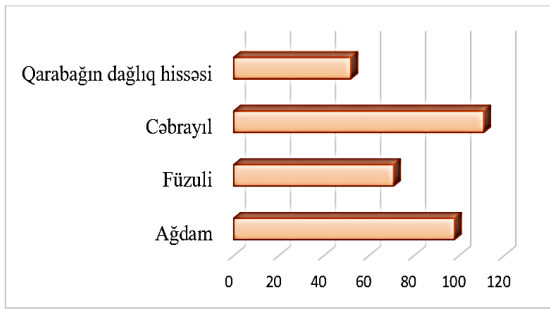
Su təminatını yaxşılaşdırmaq üçün yalnız ondan qənaətlə istifadə etmək kifayət deyildir, şirin su ehtiyatlarının artırılması istiqamətində də tədqiqatlar aparılmalı, praktiki işlər görülməlidir. Məhz bu yolla Azərbaycanın su siyasətinin əsas məqsədinə çatmaq, əhali və iqtisadiyyatın bütün sektorlarını tələb olunan həcmdə və beynəlxalq standartlara uyğun keyfiyyətdə su ilə təmin etmək mümkündür.

44-günlük müharibədən sonra azad olunmuş Qarabağ torpaqlarımızda, həmçinin respublikada əhalinin və təsərrüfat sahələrinin su təchizatının yaxşılaşdırılması istiqamətində cənab Prezidentimiz İlham Əliyevin göstərişi ilə çox mühüm işlər görülmüş, yeni suların yaradılması, suvarma sistemlərinin yaxşılaşdırılması, şirin su mənbələri ilə iri yaşayış məntəqələrini birləşdirən su kəmərlərinin tikintisi üzrə iri layihələr icra edilmişdir. Həyata keçirilən tədbirlər hesabına su təsərrüfatı sisteminin inkişafı sürətlənmiş, məhdud şirin su ehtiyatlarına malik Azərbaycanda əhalinin fasiləsiz içməli su ilə təminatı və irriqasiya sistemləri yaxşılaşdırılmışdır.

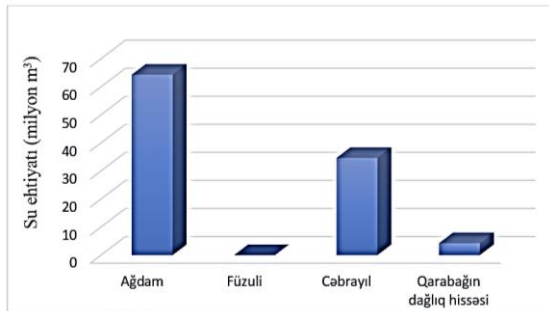
Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2020-ci il 27 iyul tarixli 2178 nömrəli “Su ehtiyatlarından səmərəli istifadənin təmin edilməsi ilə bağlı əlavə tədbirlər haqqında” Sərəncamı və bu sərəncamla təsdiq edilmiş “Su ehtiyatlarından səmərəli istifadənin təmin edilməsinə dair 2020-2022-ci illər üçün Tədbirlər Planı”, eləcə də cənab Prezidentin dəfələrlə müxtəlif tədbirlərdə etdiyi çıxışlarda və verdiyi tapşırıqlarda yuxarıda qeyd edilən ehtiyacları nəzərə almaqla, Azərbaycan

elmi qarşısında ölkənin su təminatı ilə bağlı mövcud problemlər və onların həlli yolları ilə bağlı mühüm vəzifələr qoyulmuşdur.

Vətən torpaqlarının işğaldan azad edilməsi nəticəsində Qarabağın yeraltı və səth sularının mövcud vəziyyətinin öyrənilməsi, su mənbələrinin bərpası, inkişaf etdirilməsi və təhlükəsizliyinin təmin olunmasına da çox böyük ehtiyac yaranmışdır ki, müvafiq problemlərin həllində Azərbaycan elmi öz sözünü deyir.



Şəkil 1. Qarabağ regionunda kəhrizlərin sayı.



Şəkil 2. Qarabağ regionunda kəhrizlərin su ehtiyatı.

Burada xüsusilə Qarabağ əraziləri üçün aktual olan bir problem də diqqət mərkəzində durur. Respublikanın bəzi dağlıq və dağətəyi ərazilərində, xüsusən Naxçıvan və Qarabağ regionlarında içməli su ilə bağlı problemlərin həllində təbii bulaqlarla yanaşı, ilin bütün fəsilərində əhalini içməli və suvarma suyu ilə təmin edən kəhriz sistemləri də əhəmiyyətli rol oynaya bilər. Məlumdur ki, Azərbaycanda (Naxçıvan MR istisna olmaqla) mövcud olan 623 kəhrizdən 332-si 30 ilə yaxın müddətdə işğal altında olmuşdur. Hesablamalara görə, Ağdam rayonunda 98 kəhrizdən il ərzində 64,333 milyon kubmetr, Füzuli rayonunda 71 kəhrizdən 19, 016 milyon kubmetr, Cəbrayıl

rayonunda 111 kəhrizdən 34,658 milyon kubmetr, Qarabağın dağlıq hissəsində 52 kəhrizdən 4,225 milyon kubmetr, ümumilikdə isə Qarabağ ərazisindəki kəhrizləri bərpa etməklə il ərzində 122 milyon kubmetr su əldə etmək mümkündür. Bu ərazilərdə kəhrizlərin bərpası ilə kiçik çayların illik su sərfini də artırmaq olar.

Məlum olduğu kimi, respublikanın əksər ərazisi quraq və yarımquraq iqlimə malikdir. Ölkənin su ehtiyatlarının mühüm bir hissəsi su səviyyəsi ilə əzində ciddi tərəddüdlərə məruz qalan, əksər vaxtlarda isə kəskin azalan, yüksək çirklənməyə malik tranzit çaylar tərəfindən təmin edilir. Eyni zamanda son illərdə global iqlim dəyişikliklərinin təsiri altında yağıntıların paylanma rejimində ciddi fərqliliklər yaranmış, əksər bölgələrdə rütubətlik əmsalı aşağı düşmüşdür. Əhalinin intensiv artması, ölkə iqtisadiyyatının, o cümlədən kənd təsərrüfatının inkişafı, əkin sahələrinin, suvarma və içməli su təchizatı şəbəkələrinin genişləndirilməsi nəticəsində suya tələbat durmadan artır. Bütün bunların, eləcə də su ehtiyatlarından səmərəsiz istifadənin nəticəsində ölkənin içməli və suvarma suyu ilə təminatında hələ də problemlər yaşanmaqdadır və respublikanın su təhlükəsizliyinin təmin edilməsi istiqamətində elmi əsaslı təxirəsalınmaz tədbirlərin həyata keçirilməsinə, yeni su mənbələrinin tapılması və mühafizəsinə, kəhrizlərin elmi əsaslı bərpasına, mütərəqqi suvarma texnika və texnologiyalarının tətbiqinə və müvafiq tədbirlərin həyata keçirilməsi zamanı ekosistem yanaşmaya riayət edilməsinə, bütün bunlar üçün isə hərtərəfli və məqsədyönlü fundamental və innovativ elmi araşdırmaların aparılmasına ehtiyac güclənməkdədir [2].

Ümumiyyətlə, Azərbaycan öz yerli su ehtiyatlarına görə qonşu ölkələrdən xeyli geri qalır. Gürcüstanda daxili su ehtiyatları ilə təminat 85%, Ermənistanda 82% olduğu halda, ölkəmizdə bu göstərici cəmi 28%-dir. Ölkədə kənd təsərrüfatı məhsullarının təqribən 90%-i əsasən arid iqlimə malik Kür-Araz ovalığında istehsal olunur. Yəni bu ərazilərdə mümkün buxarlanmanın miqdarı yağıntılardan xeyli çoxdur.

Xəzər dənizindən Kür çayı boyu 78 km məsafədə 19 nasos stansiyası istismar edilir. Nasoslar 12-14 q/l minerallılığa malik olan dəniz suyunu suvarma məqsədilə əkin sahələrinə vurur. Nəticədə əkilən bitkilərin məhsuldarlığı aşağı düşməklə əkin sahələri şorlaşır. Kür çayından öz məişətində istifadə edən Neftçala sakinlərinə içməli su bəzən Salyan rayonundan su maşınları ilə daşınır [3].

Ölkəmiz ətraf mühitə dair 14 Beynəlxalq konvensiyaya, o cümlədən "Transsərhəd su axınlarının və beynəlxalq göllərin mühafizəsi və istifadəsinə dair Konvensiya"ya (17 mart 1992-ci il, Helsinki) qoşulmuş və 14 mart 2000-ci il tarixində onu ratifikasiya etmişdir.

Cənubi Qafqaz dövlətlərinin (Azərbaycan, Gürcüstan, Ermənistan), İran və Türkiyənin də daxil olduğu Kür çayı hövzəsi beynəlxalq su hövzələrindən biridir. Bu hövzənin ən böyük hissəsi, yəni 28,4%-i (52,9 min kv/km) Azərbaycanın, 21,28%-i (40 min kv/km) İranın, 19,36%-i (36,4 min kv/km) Gürcüstanın, 15,85%-i (29,8 min kv/km) Ermənistanın və 15,37%-i isə (28,9 min kv/km) Türkiyənin payına düşür.

Azərbaycanın Muğan-Salyan düzünü və Şərqi Şirvanın 16 min kv/km-nin çökək sahəsini də nəzərə alsaq, ölkə ərazisinin 79,6%-ni (68,9 min kv/km) Kür çayı hövzəsi təşkil edir. Onun ümumi su ehtiyatlarının 72,73%-i qonşu ölkə ərazilərində, 27,27%-i isə Azərbaycan ərazisində formalaşır [4].

## **NƏTİCƏ**

Ümumiyyətlə, ölkə əhalisinin və iqtisadiyyatının müxtəlif sahələrinin su təminatı qonşu ölkələrin ərazilərində formalaşan tranzit çayların sularının kəmiyyət və keyfiyyətindən bilavasitə asılıdır. Ona görə də Cənubi Qafqazda su ehtiyatlarının səmərəli istifadəsini və mühafizəsini təmin etmək üçün ilk növbədə Ermənistan və Gürcüstan respublikalarının Helsinki Konvensiyasına qoşulmaları lazımdır. Eyni zamanda transsərhəd su ehtiyatlarının çirkləndirilməsinə və tükənməsinə yol verən ölkələrə qarşı beynəlxalq təşkilatların himayəsi ilə iqtisadi sanksiyaların tətbiq mexanizmi hazırlanmalıdır.

## **ƏDƏBİYYAT**

1. Məmmədov R.N. (2006). Hidrometeorologiya, iqlim dəyişmələri, təbii fəlakətlər və həyat. Bakı: s. 56-57.
2. ETSN-nin məlumatları. (2024). Bakı.
3. Məmmədov R.M. Xəzərin əbədi problemləri sosial bilgilər, informasiya bülliteni. №8. Bakı: 2011, s.40-58.
4. Azərbaycanda pilot çay hövzələri üzrə ekoloji axımın qiymətləndirilməsi üçün müasir metodologiyanın işlənməsi. Hesabat. EİF-2013 9(15)-46 (27) 2-M-41.2016, s. 88.

**Mahmudova Ü.X., Əhmədova A.F.**

*Akademik H.Ə. Əliyev adına*  
*Coğrafiya İnstitutu*  
*ulker570920 @gmail.com*

## **İqlim dəyişkənliyinin Azərbaycanda su təminatı ilə bağlı yaratdığı problemlər**

### **XÜLASƏ**

Müasir dövrdə əhalinin sayının və tələbatlarının artması, eləcə də qlobal iqlim dəyişiklikləri nəticəsində dünyanın əksər regionlarında içməli və suvarma suyu ilə bağlı problemlər kəskinləşmişdir. Bu problemlərdən biri də Kür çayının deltasında yaranmış vəziyyətin kompleks həlli ilə bağlıdır. Son illərdə cənab Prezident İlham Əliyevin siyasəti ilə Azərbaycanda su təchizatının yaxşılaşdırılması istiqamətində çox mühüm işlər görülmüşdür. Buna baxmayaraq, müxtəlif səbəblərdən ölkənin içməli və suvarma suyu ilə təminatında hələ də problemlər yaşanmaqdadır və respublikanın su təhlükəsizliyinin təmin edilməsi istiqamətində fundamental və innovativ elmi araşdırmalar aparılır. Ölkə Prezidentinin 27 iyul 2020-ci il tarixli "Su ehtiyatlarından səmərəli istifadənin təmin edilməsi ilə bağlı əlavə tədbirlər haqqında" Sərəncamında, eləcə də cənab Prezidentin dəfələrlə verdiyi tapşırıqlarda ölkənin su təminatı ilə bağlı mövcud problemlər və onların həlli yol-

ları barədə Azərbaycan elmi qarşısında mühüm vəzifələr qoyulmuşdur. Bu məqsədlə Kür çayının mənsəbindən layihə və tikinti işlərinin aparılması üçün ən optimal və əlverişli məsafədə avtomatlaşdırılmış şülülzlərlə idarə olunan hidrotexniki qurğunun tikilməsi təklif olunur. Bununla yanaşı, ölkə üzrə torpaqların suvarılması müasir metod və normalara uyğun tərtib edilmiş hidromodul qrafikinə əsasən həyata keçirilməli, suvarma sistemləri yenilənməli, Kür çayının aşağı axarında yaranmış ekoloji vəziyyət nəzərə alınmaqla ölkənin su ehtiyatlarının kompleks istifadəsi nəzərdə tutulmalıdır.

Son illərdə cənab Prezident İlham Əliyevin göstərişi ilə respublikada əhalinin və təsərrüfat sahələrinin su təchizatının yaxşılaşdırılması istiqamətində çox mühüm işlər görülmüş, yeni sututarların yaradılması, suvarma sistemlərinin yaxşılaşdırılması, şirin su mənbələri ilə iri yaşayış məntəqələrini birləşdirən su kəmərlərinin tikintisi üzrə iri layihələr icra edilmişdir. Azərbaycanda əhalinin fasiləsiz içməli su ilə təminatı və irriqasiya sistemləri yaxşılaşdırılmışdır.

**Açar sözlər:** *Əhali, kür çayı, Xəzər, su təchizatı, içməli su problemi, kəhrizlər.*

**Mahmudova U.Kh., Ahmadova A.F.**

*Institute of Geography named after  
Academician H.A. Aliyev  
ulker570920@gmail.com*

**Problems caused by climate change with regard to water supply in Azerbaijan**

#### **ABSTRAKT**

In modern times, as a result of the increase in the number of population and its needs, as well as global climate change, problems

related to drinking and irrigation water have become acute in most regions of the world. One of these problems is related to the complex solution of the situation in the Kura River delta. In recent years, very important work has been done in Azerbaijan to improve water supply under the policy of Mr. President Ilham Aliyev. Despite this, for various reasons, problems still exist in the country's drinking and irrigation water supply, and fundamental and innovative scientific research is being conducted to ensure the republic's water security. The Decree of the President of the country "On additional measures to ensure the efficient use of water resources" dated July 27, 2020, as well as the instructions given by Mr. President repeatedly, important tasks have been set for Azerbaijani science regarding the current problems related to the country's water supply and ways to solve them. For this purpose, it is proposed to build a hydraulic engineering facility controlled by automated sluices at the most optimal and convenient distance from the mouth of the Kura River for carrying out design and construction work. In addition, irrigation of lands across the country should be carried out according to a hydromodule schedule drawn up in accordance with modern methods and standards, irrigation systems should be updated, and comprehensive use of the country's water resources should be envisaged, taking into account the ecological situation in the lower reaches of the Kura River.

**Keywords:** *Population, Kur River, Caspian Sea, water supply, drinking water problem, Kahriz.*

*Məqaləyə Akademik H.Ə. Əliyev adına  
Coğrafiya İnstitutunun dosenti, coğrafiya  
üzrə fəlsəfə doktoru, İ. Zeynalov rəy  
vermişdir*

UOT 656.1.

ÇOBANZADƏ İ.M., ALLAHVERDİYEV R.Ə., DİBİROV Ə.M.

*Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti*  
*ismayilcobanzade54@gmail.com.; a.r.1984@mail.ru; aliaga.dv@gmail.com*

### “İRİ ŞƏHƏRLƏRİN NƏQLİYYAT PROBLEMLƏRİ VƏ ONLARIN HƏLLİ YOLLARI”

XX əsr avtomobilləşmə əsri kimi dünya tarixinə yazılmışdır. Kənd təsərrüfatı və sənayenin bütün sahələrini avtomobil daşıma- ları olmadan təsəvvür etmək çətindir. Avto- mobil nəqliyyatı olmadan digər nəqliyyat növlərinin işi mümkün deyildir, çünki yük və sərnişinlərin dəmir yolu stansiyalarına, hava və su limanlarına və oradan da- şınması əsa- sən avtomobil nəqliyyatı vasitəsi ilə həyata keçirilir. Eyni zamanda avtonəqliyyat müxtə- lif ərazilərdə yaşayan insanların sosial-iqtisa- di, mədəni, elmi və mənəvi səviyyələrinin mübadilə olunmasında, şəxsi dostluğun ya- ranmasında və nəticədə ölkələr arasındakı əməkdaşlığın inkişafında böyük əhəmiyyət daşıyır.

Avtomobilləşmə prosesi yüksək templər- lə əsasən II-ci dünya müharibəsindən sonra başlamış və buna səbəb müharibədə dağılmış ölkələrin iqtisadiyyatının bərpa- sına üçün çoxlu nəqliyyat vasitələrinə (yük- lərin və fəhlələrin daşınması zamanı) ehtiyacın olması idi. Eyni zamanda, insanların maddi durumunun yax- şılaşması, beynəlxalq əlaqələrin güclənməsi, turizmin inkişafı da yeni, komfortlu avto- mobil- lərin istehsalına tələbatı artırmışdır. Nəti- cədə, avtomobil şirkətləri istehsal prosesində minik avtomobillərinin buraxılışını daha da artırmış, onların rahatlığını, ehtibarlılığını və dinamik göstəricilərini yüksəltmişdirlər.

Lakin avtomobilləşmə prosesi öz müsbət tərəfləri ilə bərabər cəmiyyət və insanlar üçün bir çox problemlər də yaratmağa başlamışdır. Qlobal baxımdan bu problemləri əsasən III qrupa bölmək olar:

**I qrup** – ildən ilə yol-nəqliyyat hadisə- rinin sayının və onların yaratdığı maddi və mənəvi itkilərin miqdarının artması. Statisti- kaya əsasən XX əsrdə dünyada avtomobil qə- zalarında həlak olan insanların sayı 30 mln-

dan çox olmuşdur. Azərbaycan Respublika- sında 2017-ci ildə 1833 YNH baş vermiş və bunlarda 750 nəfər ölmüş 1719 nəfər isə xə- sarət almışdır. Aparılmış təqatlara əsasən, müasir zamanda, inkişaf etmiş ölkələrdə yol- nəqliyyat hadisələri nəticəsində yaranan maddi ziyanın miqdarı həmin dövlətlərin mil- li gəlirinin təxminən 10%-nə bərabərdir. Azərbaycan Dövlət Statistika Komitəsinin məlumatına əsasən bizim respublikamızın yol təsərrüfatına 2017-ci ilin 9 ayı ərzində YNH-lardan dəymiş maddi ziyan təxminən 504,6 min manat təşkil etmişdir.

**II qrup** – ekoloji problemlər. Nəqliyyat vasitələrinin istismarı və təmiri prosesində yaranan ixrac qazları və müxtəlif tullantılar hava basseyininin, su hövzələrinin, torpağın çirklənməsinə, yəni ətraf mühitə və insana- rın sağlamlığına çox böyük ziyan vururlar. Bununla bərabər iri şəhərlərdə səs səviyyə- sinin icazə verilən normalardan artıq olması (80-100 dB, normalara əsasən 40-50 dB ol- malı olduğu halda), qeyd olunan mənfi təsir- ləri daha da gücləndirir. Bunun qarşısının alınması üçün XX əsrin 80-cı illərində ilk də- fə ABŞ Kaliforniya ştatında ekoloji normalar tətbiq edil- məyə başlanmış, sonra isə 1992- ci ildə Avropanın inkişaf etmiş dövlətlər tərə- findən avtomobillərin ətraf mühitə zərərli tə- sirini reqlamentləşdirən Avro-I standartı qə- bul edilmişdir. Hal-hazırda Almaniyada eko- loji baxımdan daha sərt tələblər qoyan Avro- VI standartı tətbiq edilir. Bizim respublikada da bu sahədə müxtəlif işlər aparılır və bu gün bizdə artıq Avro-IV standartı tətbiq edilir. Eyni zamanda, nəqliyyat vasitələrinin ətraf mühitə və insanlara vurduğu ziyanı azaltmaq üçün cəmiyyət iri avtomobil istehsalçıları qarşısında nəqliyyat vasitələrini yeni, ekoloji baxımdan daha zərərsiz, enerji mənbələrinə

keçirməyi məsələsini qaldırmışdır.

**III qrup** – yollarda ləngimələr və tıxac problemləri.

Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi XX əsrin 50-ci illərindən başlayaraq avtomobilləşmə prosesi bütün dünyada yüksək templərlə getməyə başlamışdır. Bu gün dünyada avtomobillərin sayı artıq 1,5 mlrd. ədədə yaxınlaşır. Statistik məlumatlara əsasən, 2017-ci ilin əvvəlinə bəzi MDB ölkələrində 1000 nəfər əhaliyə düşən maşınların sayı aşağıdakı kimidir:

- Azərbaycanda-138 ədəd
- Rusiyada-377 ədəd
- Belarusiyada-370 ədəd
- Gürcüstanda-330 ədəd

İlk baxışdan elə fikirləşmək olar ki, bizim respublikada digərləri ilə müqaisədə vəziyyət pis deyil. Lakin bu yalnız fikirdir. Bunun üçün statistik rəqəmlərə nəzər salaq. Statistika görə respublikada olan bütün avtomobillərin 60% ( $1357000 \times 60\% = 852000$  əd), yəni təxminən 850 min Bakı şəhərində cəmləşib. Bu avtomobillərin 80%-i, yəni 680 min ( $850000 \times 80\% = 680000$ ) minik avtomobillərinin payına düşür. Bakı şəhərində qeydiyyatda 2,2 mln insanın olduğunu nəzərə alsaq, belə nəticəyə gəlmək olar ki, paytaxtda hər 1000 nəfər əhaliyə 309 ədəd minik avtomobili düşür. Rusiyanın böyük şəhərlərində (Moskva, Sankt-Peterburq və s.) bu rəqəm təxminən 350-400 ədədə bərabərdir. İnkişaf etmiş Avropa ölkələrində isə bu rəqəm 550-600 ədəd hədlərində dəyişir.

Beləliklə, avtomobilləşmə prosesinin tempini nəzərə alaraq, bu gün yollarda ləngimələrin yaranmaması üçün onların uzunluğu və keyfiyyəti təcili artırılmalıdır. Lakin yolların tikintisi və küçə-yol şəbəkəsinin (sonra KYŞ) artırılması, həddindən artıq çox sərmayə qoyuluşu və boş ərazilər tələb etdiyindən, xeyli geri qalır. Nəticədə, avtomobil yollarında və xüsusən də iri şəhərlərin küçələrində, nəqliyyat vasitələrin sıxlığı artmış, bu isə öz növbəsində ləngimələrin və tıxacların yaranmasına səbəb olmuşdur. Beləliklə avtomobil nəqliyyatı, onun əsas üstünlüyü hesab olunan – rahatlıq və tez çatdırma xüsusiyyətlərini, itirməkdədir.

İndi isə iri şəhərlərdə ləngimələrin və tıxacların yaranma səbəblərini daha diqqətlə araşdırmaq.

Bildiyimiz kimi şəhərlərin küçə-yol şəbəkələri uzun müddət ərzində (on illərlə) yaranır və onların forması həmin şəhərlərin yerləşdiyi ərazinin relyefindən və tarixindən çox asılıdır. Müasir zamanın tələblərinə uyğun olaraq küçə-yol şəbəkəsinin dəyişdirilməsi və inkişafı üçün böyük zaman və sərmayə tələb olunur. Küçə-yol şəbəkəsinin strukturu və uzunluğu, adətən, həmin şəhərlərin inkişaf və tikinti planlarına uyğunlaşdırılır və bu zaman ölkədə olan avtomobilləşmə səviyyəsi nəzərə alınır. Digər MDB dövlətlərinin iri şəhərlərində olduğu kimi, Bakı şəhərinin küçə-yol şəbəkəsinin qurulma prosesi də, əsasən sovetlər dövründə baş vermiş və şəhərdə, o vaxtın tələblərinə uyğun nəqliyyat infrastrukturunu yaradılmışdır. O zaman SSRİ-nin bütün respublikalarında nəqliyyat infrastrukturunu inkişafında əsas prioritet ictimai nəqliyyat vasitələrinə verilirdi. Ona görə də, küçə-yol şəbəkəsinin tikintisi zamanı iri şəhərlərdə avtomobilləşmənin səviyyəsi 1000 nəfər əhaliyə 70 ədəd avtomobil həddində qəbul edilmiş və nəqliyyatın idarəetmə sistemlərinin işinin təşkili də bu rəqəmlərə uyğunlaşdırılmışdır (qeyd etmək lazımdır ki, avtomobilləşmə səviyyəsi iri şəhərlərdə bu həddi artıq 1990-cı illərdə keçmişdir). Bizə sovetlər dövründən miras qalan nəqliyyat infrastrukturunu və idarəetmənin əsas çatışmamazlıqları aşağıdakılardan ibarətdir:

- maqistral küçələrin xüsusi sıxlığının (sıxlıq dedikdə, şəhərin ərazisinin 1 km<sup>2</sup> düşən avtomobil yollarının ümumi uzunluğu başa düşülür) az olması və yerli küçələr şəbəkəsinin inkişaf etməməsi;
- küçələrin və yol ayrıclarının buraxma qabiliyyətinin aşağı olması;
- ictimai nəqliyyatın, minik və yük avtomobilləri axınlarının birləşməsi;
- hərəkətin nizamlanmasında, nəqliyyat axınlarının kiçik sıxlığı üçün nəzərdə tutulmuş köhnə texniki vasitələrinin və metodların istifadəsi;
- şəhər nəqliyyatı hərəkətinin təşkilində in-

formasiya təminatı sistemlərinin tətbiq edilməməsi;

- şəhərlərdə avtomobillərin dayanması üçün duracaqların həddindən artıq az olması;
- küçə-yol şəbəkəsində ictimai nəqliyyat vasitələrinin və yük avtomobillərinin hərəkəti üçün xüsusi marşrutların olmaması

Qeyd olunan səbəblərdən, bu gün keçmiş sovet ittifaqına daxil olan respublikaların şəhərlərində küçə-yol şəbəkəsinin sıxlığı heç 10%-də təşkil etmir. Avropa ölkələrinin şəhərlərində bu göstərici 20-25%, şimali Amerikanın şəhərlərində isə 35% bərabərdir. Yaranmış vəziyyəti daha aydın aşağıdakı rəqəmlərdən də görmək olar:

<b>Şəhərin adı</b>	<b>KYŞ-nin sıxlığı</b>
Moskva	3,3 km/ km <sup>2</sup>
Bakı	0,8 km/ km <sup>2</sup>
Paris	15 km/ km <sup>2</sup>
Nyu-York	12,4 km/ km <sup>2</sup>
London	9,3 km/ km <sup>2</sup>

Beləliklə, bizim şəhərlərdə tıxacların və ləngimələrin yaranmasının, “pik” saatlarında nəqliyyat axınının sürətinin 10-12 km/saat düşməsinin əsas səbəbi, birinci növbədə, küçə-yol şəbəkəsinin zəif inkişaf etməsindən irəli gəlir (yəni nəqliyyat vasitələrinin şəhərin bir başından digər başına, mərkəzə girmədən, getməyə imkan verən maqistralların az olması, bu maqistralların bir-birilə zəif əlaqələndirilməsi və s.). Buna şərait yaradan digər amildə ictimai nəqliyyat vasitələrinin kifayət qədər olmamaşı, onların işinin lazımı səviyyədə təşkil edilməməsi və minik avtomobillərinin sayının ildən-ilə artmasıdır. Eyni zamanda, bu problemin yaranmasında hərəkətin təşkilində müasir texniki nizamlama vasitələrinin və üsullarının tətbiq edilməməsi, sürücülərin intizamsızlığı və peşəkarlıq səviyyəsinin aşağı olması da mühüm rol oynayır.

Qeyd olunan problemin daha tez və səmərəli həll olunması yollarının axtarışı bu gün mütəxəssisləri çox düşündürür. Bir çoxları, daha asan görünən və ilk ağıla gələn təklifi verirlər - küçə-yol şəbəkəsinin uzunluğunu

artırmaq. Onların fikrincə, magistral küçələrin uzunluğunun mexaniki olaraq artırılması, hərəkət hissələrinin eninin və zolaqların sayının çoxalması, yol ayrıclarının buraxma qabiliyyətinin yüksəldilməsi bu problemi öz-özünə həll edəcək. Lakin belə deyil, çünki hər hansı bir maqistralda yolun buraxma qabiliyyəti artdıqda, nəqliyyat vasitələrinin sürücüləri məs bu yoldan daha çox istifadə etməyə çalışır və bir müddətdən sonra ləngimələr və tıxaclar orada da yaranır. Misal olaraq Ziya Bünyatov prospektini göstərmək olar. Burada aparılan yenidənqurma işlərindən sonra Bakı şəhərinin nəqliyyat axınının bir çox hissəsi məs bu maqistraldan istifadə etdiyindən, orada, “pik” saatlarında, daim ləngimələr yaranır. Bu prospektdən kənara çıxma imkanları məhdud olduğundan (maqistralda yol ötürücülərinin və yeraltı tunnəllərin çox olmasını nəzərə alsaq) yolda hər hansı bir fəvqəladə vəziyyət baş verdikdə (yol qəzası, NV-nin nazırlığa görə dayanması və s.) burada hərəkət iflic vəziyyətinə düşür. Bunun qarşısını almaq üçün yeni maqistralların tikintisi və yenidənqurulması zamanı, onlardan yerli əhəmiyyətli küçələrə mümkün qədər çox çıxışlar vermək, bu yolla onları mərkəzi küçələrlə və maqistral yolları bir-birilə əlaqələndirmək lazımdır.

Beləliklə, küçə-yol şəbəkəsinin sıxlığının mexaniki olaraq artırılması nəzərə çarpan effekt verməməklə bərabər, həmdə həddən artıq sərmayə qoyuluşu tələb edir. Məsələn: MAYİ-nin mütəxəssisləri tərəfindən aparılmış tədqiqatlar göstərmişdir ki, Moskva şəhərində küçə-yol şəbəkəsinin sıxlığını ildə 1% artırılması 170 mlrd rubl (təxminən 2,5 mlrd dollar) vəsait qoyuluşu tələb edir. Ona görə də, iri şəhərlərin nəqliyyat infrastrukturunu birdən-birə dəyişmək mümkün deyildir. Bu proses yalnız tədricən aparıla bilər və uzun müddət tələb edir.

Müşahidələr göstərir ki, ləngimələrin və tıxacların yaranmasının səbəblərindən biridə, iri şəhərlərdə insanlar tərəfindən şəxsi minik avtomobillərinin çox istifadə etməsidir. Ona görə də, iri şəhərlərdə nəqliyyat infrastrukturunun inkişafı planlarında ictimai nəqliyyata xüsusi

diqqət verilməlidir. Birinci növbədə, iri şəhərlərdə metropolitenin inkişafına, yəni stansiyaların sayının artırılmasına, onların şəhərin mümkün qədər böyük ərazisini əhatə etməsinə, daha iri tutumlu və rahat vaqonların tətbiqinə önəm verilməlidir. Bununla bərabər sərnişinlərin daşınmasında daha müasir, komfortlu, iri tutumlu avtobuslar istifadə edilməlidir. İnsanların ictimai nəqliyyatdan daha çox istifadə etmələri üçün sərnişinlərə göstərilən qulluğun keyfiyyətini mütləq artırmaq, daşınmaların təhlükəsizliyini təmin etmək lazımdır. Bu istiqamətdə respublikanın rəhbərliyi və müvafiq qurumlar tərəfindən bir sıra işlər görülmüşdür. Lakin vəziyyət hələ lazımı səviyyədə deyil. Avtobusların marsrutlarını planlaşdıran zaman elə etmək lazımdır ki, onlar şəhərdə metropolitenin əhatə etmədiyi ərazilərdən keçməklə, avtobusların intervalları “pik” saatlarında sərnişin axınının intensivliyini nəzərə alsın. İctimai nəqliyyatda xüsusi diqqəti sürücülük kadrlarının seçim məsələsinə yönəltmək lazımdır, çünki, bir çox hallarda, ictimai nəqliyyatda yol qəzaları məs sürücülərin intizamsızlığı və peşəkarlıq səviyyəsinin aşağı olması səbəbindən baş verir. Eyni zamanda, ictimai nəqliyyatın işinin effektivliyinin artırılması, onların yollarda ləngimələrinin azaldılması üçün, Bakı şəhərində kanallaşdırılmış hərəkətin təşkilinə və onun geniş tətbiqinə ehtiyac var. Yəni çox zolaqlı yollarda avtobuslar üçün xüsusi zolaqlar ayrılmalı və bu zolaqlara digər nəqliyyat vasitələrinin daxil olması qadağan edilməlidir.

Yuxarıda qeyd olunan tədbirlərin həyata keçirilməsi, KYŞ-nın artırılması ilə müqaisədə, daha az sərmayə tələb edir və nəticələri özünü tez göstərir.

Az sərmayə qoyuluşu tələb edən və nisbətən qısa müddət ərzində müsbət nəticələr əldə etməyə imkan verən tədbirlərdən biri də, iri şəhərlərdə müasir texniki nizamlaşdırma vasitələrinin və effektiv nizamlaşdırma üsullarının tətbiqidir. Artıq bütün şəhərlərin və hətta iri qəsəbələrin yol ayrıclarında, onların buraxma qabiliyyətini artırmaq və hərəkətin təhlükəsizliyini təmin etmək məqsədi ilə svetofor nizamlaşdırması və eyni zamanda, əhalisi 300

min nəfərdən çox olan şəhərlərdə yol hərəkətinin avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri tətbiq edilir. Bu sistemlərdə, yol ayrıclarının hərəkəti buraxma qabiliyyətini artırmaq üçün, müxtəlif nizamlaşdırma proqramlarından istifadə olunur:

- bir proqramlı sərt nizamlaşdırma;
- çox proqramlı sərt nizamlaşdırma;
- çevik (adaptiv) nizamlaşdırma;
- koordinasiya edilmiş nizamlaşdırma və s.

Bu gün Bakı şəhərində çox proqramlı sərt nizamlaşdırma üsulundan daha çox istifadə edilir. Belə ki, proqramda nəzərdə tutulmuş günün “pik” saatlarında, svetoforların iş rejimlərinin dəyişdirilməsinin hesabına, hərəkət intensivliyi yüksək olan yollarda, yol ayrıclarının buraxma qabiliyyətini artırmaq mümkün olur, və beləliklə də o yollarda ləngimələr nisbətən azalır. Lakin bu nizamlaşdırma üsulu, müasir zamanda, iri şəhərlərdə özünü tam doğrultmur, çünki, bu nizamlaşdırma üsulunda, yalnız proqramda göstərilən vaxtlarda svetoforların iş rejimləri dəyişdirilir, günün digər vaxtlarında yol ayrıclarında baş verən hərəkət intensivliklərinin dəyişmələri isə nəzərə alınmır. Nəticədə, digər zamanlarda yol ayrıclarında lazımsız ləngimələr yaranır ki, bu da artıq yanacaq sərfiyyatına və ətraf mühitin daha çox çirklənməsinə səbəb olur. Bu gün Bakı şəhərində daha çox çevik nizamlaşdırma üsulunun tətbiqinə ehtiyac var. Bu üsul bütün gün ərzində, xüsusi texniki vasitələrlə, yollarda nəqliyyat axınlarının intensivliyinə nəzarət etməyə və lazım gəldikdə svetoforların iş rejimlərinə müvafiq dəyişikliklər etməyə imkan verir. Tədqiqatlar göstərir ki, nəqliyyatın avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərinə qoyulan sərmayələr özlərini 1-2 il müddətində doğruldu.

Müasir zamanda, inkişaf etmiş Avropa ölkələrində və ABŞ-da nəqliyyatda ləngimələr və tıxaclarla əlaqədar yaranan problemlərin həlli üçün əsasən Nəqliyyatda informasiya təminatı sistemindən (İntelligent Transportation Systems – ITS) geniş istifadə olunur. Bu sistem ilk dəfə ABŞ mütəxəssisləri tərəfindən, Nəqliyyat Nazirliyinin tapşırığı

əsasında 1991-ci illərdə hazırlanmışdır. Mü-təqil ekspertlərin qiymətləndirməsinə əsasən, bu sistemdə nəzərdə tutulan tədbirlərin həyata keçirilməsi, 20 il ərzində ölkədə lən-gimələr və tıxaclardan yaranan ziyanı 8%, yolların yüklənmə dərəcəsini 20% və il ərzin-də yollarda baş verən YNH-ların sayını 400 min azaltmağa imkan verir. İTS sistemi mü-asir idarəetmə üsullarını və texnologiyaları-nın nailiyyətlərini, kompyuter avadanlığının və proqram təminatını yerüstü nəqliyyatın fə-aliyyətinin yüksəldilməsi və təhlükəsizliyin təmin olunması sahəsində istifadəsinə imkan yaradır. Nəticədə yolların buraxma qabiliy-yəti təxminən 20% arta bilər.

Qeyd olunanlarla bərabər, Bakı şəhərində ləngimələrin azalması və yolların bu- raxma qabiliyyətinin artırılmasına avtomobillərin duracaq yerlərinin kəskin artırılmasında böyük köməklik göstərə bilər.

Aparılan müşahidələr əsas verir deməyə ki, avtomobillərin duracaq yerlərinin prob-lemələri həll olunmadıqda, yolların hərəkət hissələrinin enlərinin və zolaqların saylarının artırılması lazımi effekt vermir. Bir çox hal-larda, yollarda dayanan nəqliyyat vasitələri hərəkət hissəsinin bir, bəzən isə hətta iki zolağını tutaraq (əsasən metro çıxışları və iri ticarət obyektləri qarşısında) yolun buraxma qabiliyyətini kəskin azaldırlar. Belə hallarda cəza tədbirlərinin tətbiqi belə müsbət nəticə vermir. Avtomobil duracaqlarının effektiv istifadəsi üçün onların təşkil olunma yerləri düzgün seçilməli, sayı artırılmalı, tariflər isə differensiallaşdırılmış və münasib olmalıdır. Eyni zamanda, intizamsız sürücülərin nəqliy-yat vasitələrini dayanmağın qadağan olduğu yerlərdə saxlanılmasının qarşısını almaq üçün şəhərin əsas küçə və maqistrallarında xüsusi çəkiliş kameralarının quraşdırılması lazımdır. Belə kameralar avtomatik rejimdə durma qaydalarını pozan nəqliyyat vasitələrini qeydə almalı və məlumatı müvafiq cərimə protokollarının tətbiqi üçün lazımi qurumların kompyuter mərkəzlərinə ötürmə- lidirlər.

Bütün yuxarıda qeyd olunanlardan belə nəticəyə gəlmək olar ki, bu gün iri şəhərlərin əsas problemlərindən biri olan nəqliyyat lən-gimələri və tıxaclar məsələsinin həlli üçün ona kompleks qaydada yanaşmaq lazımdır. Yəni bu istiqamətdə görülən tədbirlər aşağı- dakıları əhatə etməlidir:

- memarlıq-tikinti işləri (şəhərin mərkəzin-dən kənar keçən, yerli küçələrlə sıx əlaqə-də olan yeni magistralların tikintisi);
- müasir texniki-nizamlama vasitələrinin və texnoloqiyanın tətbiqi;
- hərəkətin təşkilində müasir üsulların və metodların (məsələn İTS sistemi) tətbiqi;
- nəqliyyat infrastrukturunun inkişafında prioritetin ictimai nəqliyyata verilməsi;
- şəhərdə avtomobillərin duracaq yerlərinin məsələsinin həlli;
- qadağan olunmuş yerlərdə avtomobillərin parklanmasının qarşısını almaq üçün ora-larda xüsusi nəzarət kameralarının quraş-dırılması;
- sürücülərin (xüsusilə də ictimai nəqliyyat-da) intizamlılığı və peşəkarlıq səviyyəsinin artırılması istiqamətində effektiv tədbirlə- rin hazırlanması.

## **ƏDƏBİYYAT**

1. Ə.H. Tağızadə, R.P. Bayramov “Yol hərə-kətinin təşkili və təhlükəsizliyi”. Bakı, Çapaşoğlu, 2002, 248 səh.
2. Yol hərəkəti haqqında Azərbaycan Res-publikasının Qanunu. Bakı – 1998, “Hü-quq ədəbiyyatı” nəşriyyatı, 160 səh.
3. А.Н. Романов “Автотранспортная пси-хология”. М., Издательский центр “Академия”, 2002. – 224 с.
4. Материалы семинара на тему «Исполь-зование железнодорожных коридоров для развития транспортных систем го-родов», М., 2013
5. Е.М.Лобанов «Транспортные пробле-мы современных больших городов», М., «Транспорт Российской Федера-ции» №1, 2005, с.29-31

6. В.В. Петров. «Управление транспортными потоками в городах», Омск, «Омский научный вестник», 2002, с. 139-140.

**Транспортные проблемы крупных городов и пути их решения**

**АННОТАЦИЯ**

Современное время характеризуется высокими темпами автомобилизации, которая наряду с положительными сторонами создает и множество проблем. Одним из наиболее серьезных проблем, создаваемых быстрым ростом количества автомобилей на дорогах крупных городов, являются транспортные проблемы. Они в первую очередь выражаются в задержках транспорта и образовании многокилометровых заторов, которые отнимают у автомобильного транспорта его основное преимущество – высокую маневренность, скорость передвижения и комфорт. Многочисленные исследования показывают, что основной причиной транспортных задержек является слабое развитие улично-дорожной сети больших городов, темпы роста которого сильно отстают от темпа автомобилизации, а также недостаточное внедрение новых инновационных технологий при решении вопросов организации дорожного движения.

**Ключевые слова:** *автомобилизация, плотность улично-дорожной сети, протяженность УДС, методы организации дорожного движения.*

**Transport problems of major cities and their solutions**

**ABSTRACT**

Modern times are characterized by high rates of motorization, which, along with the positive aspects, creates many problems. One of the most serious problems created by the rapid increase in the number of cars on the roads of large cities is transport problems. They are primarily expressed in traffic delays and the formation of multi-kilometer jams, which take away its main advantage from motor vehicles - high maneuverability, speed of movement and comfort. Numerous studies show that the main cause of transport delays is the weak development of the road network of large cities, the growth rate of which is far behind the pace of motorization.

**Keywords:** *automobilization, density of the road network, length of the road network, methods of traffic management.*

*Məqaləyə AzMIU-nun  
"Nəqliyyat" fakültəsinin deceni t.ü.f.d.,  
dos. E.N. Yusifzadə rəy vermişdir*

## **ENGINEERING FACILITIES AND CONSTRUCTION STRUCTURES MÜHƏNDİS QURĞULARI VƏ İNŞAAT KONSTRUKSİYALARI**

UOT 621.311.2.22

**MƏMMƏDOV N.Y., ƏLİYEVƏ Ş.R.**

*Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti*

### **BİNALARIN ENERJİ SƏMƏRƏLİLİYİNİN ARTIRILMA ÜSULLARI**

**Giriş.** Enerji səmərəliliyi məhsul və xidmətləri təmin edərkən daha az enerji istifadə etməyə çalışmaqdır. Yəni, eyni işi görmək üçün daha az enerji sərf etmək və bu yolla enerji xərclərini və çirklənməni azaltmaq deməkdir. Enerji səmərəliliyi enerji resurslarının itkilərini azaltmaq, müasir texnologiyalardan istifadə edərək istehsalı azaltmadan enerji tələbatını azaltmaq və alternativ enerji mənbələrini daha çox istifadə etmək kimi tədbirləri əhatə edir. Bu, ekoloji və iqtisadi baxımdan bir çox fayda gətirir. Ekoloji faydaları arasında, bərpa olunmayan mineral yanacaqların istifadəsini azaltmaq və istixana qazlarının azaldılmasına kömək etmək var. Eyni zamanda, enerji səmərəliliyi enerji idxal edən ölkələr üçün də faydalıdır, çünki enerji istehlakını azaltmaqla enerji asılılığını azaldır.

“Yaşıl iqtisadiyyat”a sahib olan şəhərlərin yaradılmasında dekarbonizasiya məsələləri çox önəmlidir. İqlim dəyişikliyi, istixana qazlarının, xüsusilə də karbon qazının çox sərbəst buraxılması səbəbindən baş verir və bu problem hələ də davam edir. Beynəlxalq Enerji Agentliyinin məlumatına görə, bina tikintisi sektoru ümumi enerji istehlakının üçdə birindən çoxunu təşkil edir və istixana qazlarının buraxılışında bu pay 40%-ə yaxındır. Şəhər əhalisi artdıqca, ekoloji cəhətdən davamlı binaların tikilməsi önəmli olmalıdır. Bina tikintisi sektoru istilik, soyutma və işıqlandırma kimi müxtəlif tələbləri olan bir çox bina növünü (ictimai, yaşayış, sənaye, kommersiya və s.) əhatə edir.

“Yaşıl iqtisadi tələblər”ə uyğun şəhərlərin yaradılmasında enerji-effektiv binaların tikilməsi və bununla bağlı emissiyaların azaldılması əsas hədəflərdəndir. Bu məqsədə çatmaq

üçün üç əsas istiqamətdə işlər görülməlidir: şəhərlərdə enerji təminatçıları tərəfindən "yaşıl enerji" istehsalının artırılması, mövcud binaların enerji qənaətini təmin edən yenidənqurma işlərinin aparılması və aşağı enerji tələblərinə malik müasir binaların tikintisi. Bina tikintisi sektorunun müxtəlif dövrlərdə istixana qazlarının artımında rolu da fərqlidir [5].

İlkin inkişaf mərhələsi tikinti materiallarının istehsalı, daşınması və tikinti prosesini əhatə edir. Bu mərhələdə atmosferə atılan istixana qazlarının miqdarı 10-40% arasında olur.

İstismar mərhələsi binaların istifadə dövrünü əhatə edir. Gündəlik istifadə nəticəsində atılan istixana qazlarının miqdarı 60-90% arasında dəyişir.

Təmir-bərpa mərhələsində istifadə olunan materiallar və bərpa prosesi nəticəsində yaranan qazların miqdarı 0-10% arasındadır.

Dağıtma mərhələsində isə söküntü işləri və tullantılardan yaranan qazların miqdarı da 0-10% arasında olur.

Davamlı inkişaf və “yaşıl məqsədlər” üçün binaların tikintisində nəzərə alınmalı əsas amillər binaların təqdim etdiyi xidmətlər, xarici fiziki quruluş və bərpa olunan enerji mənbələrinin istifadəsidir.

Bina xidmətləri işıqlandırma, isitmə, soyutma, ventilyasiya, lift və digər xidmətləri əhatə edir. Məsələn, davamlı inkişaf üçün tikilən binalarda enerjiyə qənaət edən lampalar, gün işığı və hərəkət sensorları (lazımsız enerji israfını azaltmaq üçün) və ağıllı işıqlandırma sistemləri istifadə olunur. İsitmə üçün mərkəzləşdirilmiş sistemlər, enerjiyə qənaət edən induksiya sobaları və ağıllı sistemlərdən istifadə edilməlidir. Ventilyasiya, soyutma və lift xidmətləri də düzgün enerji sərfiyyatını təmin

edən səmərəli sistemlərlə təmin olunmalıdır.

Binaların quruluşu, inşaat zamanı nəzərə alınan xarici elementləri əhatə edir. Bu elementlər arasında dam, divar, pəncərə və izolyasiya materialları var. Binaların tikintisində xarici mühitin təsirlərini nəzərə alaraq, bu elementlərin düzgün seçilməsi vacibdir. Məsələn, xarici səthlərin tikintisində optimal temperaturu qorumağa kömək edən materiallardan istifadə edilməlidir.

Bərpa olunan enerji mənbələrinin istifadəsi, binalarda təqdim olunan xidmətlərdə bu enerji mənbələrinin istifadəsini əhatə edir. Məsələn, enerji təminatında “yaşıl enerji satınalmaları” və isitmə üçün günəş, bioenerji və külək turbinlərindən istifadə edilə bilər [10]. Tikinti mərhələsində isə, gündüz istiliyi udub, gecə istifadə etməyə imkan verən ağıllı materiallardan istifadə olunmalıdır.

Bütün bu faktorlarla yanaşı, binalarda yaşayan insanların da enerji və digər resurslara qənaət etmə vərdişlərini dəyişdirmələri vacibdir. İnsanlar arasında enerji qənaətinə dair maarifləndirmə işləri aparmaq, bu işlərin effektivliyini artırmaq üçün önəmlidir.

Dünyada yaşayış binaları ətraf mühitə zərər verən amillərdən biridir. Məsələn, İngiltərədəki iqlim emissiyalarının 15%-i yaşayış binalarından gəlir [4]. Amerikada isə karbon emissiyalarının 40%-i binalardan, enerji istehlakının 20%-i isə yaşayış evlərindən qaynaqlanır. Yaşayış binaları ölkədə istehsal olunan elektrik enerjisinin 70%-ni istehlak edir [7]. Bu emissiyalar və artan enerji istehlakı ABŞ-da qlobal temperaturun və dəniz səviyyəsinin yüksəlməsinə, quraqlıqlara, qasırğalara və meşə yanğınlarına səbəb olur. Hökumət “2050 Xalis Sıfır Karbon Emissiyası” planı ilə binalardan istixana qazlarının azaldılmasının vacibliyini vurğulayır.

Mənzil və yaşayış binalarının ekoloji standartlara uyğunlaşdırılması üçün maliyyə mənbələrindən biri “yaşıl ipoteka” kreditləridir. “Yaşıl ipotekalar” müəyyən meyarlara uyğun olan evlər üçün güzəştləri əhatə edir. Bu meyarlar əsasən enerji səmərəliliyi ilə bağlıdır. Enerji səmərəliliyi dedikdə, mənzillərdə alternativ enerji mənbələrinin istifadəsi və enerji qənaəti nəzərdə tutulur.

“Yaşıl ipoteka” borcalanlara daha aşağı

faiz dərəcəsi ilə enerji səmərəli mənzilləri almaq imkanı verir. Bu, tikinti sektorunun ətraf mühitə təsirini azaltmağa kömək edir və insanların davranışını dəyişdirərək mənzillərin sosial və ekoloji dəyərini artırır. “Yaşıl ipotekalar” həmçinin müştərilərin davamlı davranışına yönəlir. Dünyanın müxtəlif ölkələrində “yaşıl ipotekalar” fərqli meyarlara əsaslanaraq seçilir və müxtəlif güzəştlər təqdim edir. Məsələn, Birləşmiş Krallıqda mənzillərin enerji səmərəliliyi əsas götürülür və enerji performans sertifikatı tələb olunur. Burada “yaşıl ipoteka” almaq üçün mənzillərin A, B, bəzən isə C enerji kateqoriyasına uyğun olması lazımdır. İngiltərədə həmçinin “yaşıl yenidən ipotekalaşdırma” sistemi də var ki, bu da mövcud ipoteka şərtlərini ekoloji cəhətdən dost şəkildə yenidən düzəltməyə imkan verir. Həm ipotekalarda, həm də yenidən ipotekalaşdırmada enerji performans sertifikatı əsasında aşağı faiz dərəcələri və nağd pulun geri qaytarılması kimi güzəştlər təklif olunur.

“Yaşıl ipotekalar”la bağlı geniş siyasətlərin hazırlanması üçün Avropa İpoteka Federasiyası (EMF) və Avropa Təminatlı İstiqraz Şurası (ECBC) ilə birgə Enerji Effektivliyi İpoteka Fəaliyyət Planı (EEMAP) layihəsi başlamışdır [13]. 2015-ci ildən etibarən bu layihə çərçivəsində enerji səmərəliliyini artırmaq üçün ipoteka kreditləri hazırlanmışdır. Bu kreditlərin məqsədi enerji qənaət edən əmlakların alınmasını asanlaşdırmaq və ya mövcud əmlakların enerji səmərəliliyini artırmaqdır. Məsələn, Avropada ekoloji standartlara uyğun evlər üçün ipoteka faizlərində 1% endirim təklif edilir. Kanadada isə Kanada İpoteka və Mənzil Korporasiyası enerji səmərəli evlər almaq və ya təmir etmək üçün ipoteka kreditinin sığorta haqqının 10%-ni geri qaytarır və 35 ilədək uzadılmış ödəniş müddəti təklif edir [14].

“Yaşıl ipotekalar” yalnız yeni binalara deyil, həm də yenilənən və ekoloji cəhətdən uyğunlaşdırılan evlərə də aiddir. Belə evlər “yaşıl ev sərmayəsi” krediti adlanır. İnsanlar öz evlərini “yaşıllaşdırmaq” istədikdə, bu kreditdən istifadə edə bilərlər.

“Yaşıl bina” və ev sığortası məsələsinə gəldikdə, ənənəvi sığorta sistemləri “yaşıl tiki-

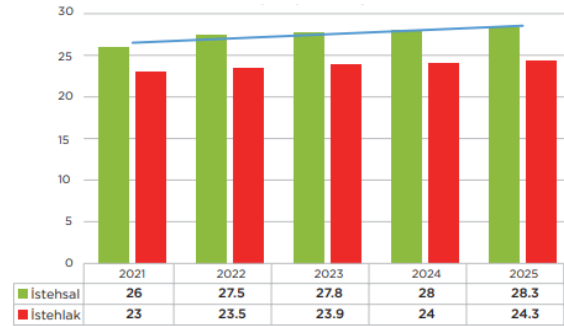
nti” layihələrinin tələblərinə uyğun gəlmir [6]. Buna görə də, “yaşıl bina” və evlər üçün xüsusi sığorta proqramları hazırlanmalıdır. Yüksək keyfiyyətli və ekoloji cəhətdən təmiz binaların zərərini qarşılayan sığorta məhsulları “yaşıl ev” sığortaları adlanır. Bu sığortalar, ekoloji materiallardan istifadə edilən binaların tikintisi və təmiri zamanı baş verə biləcək zərərləri kompensasiya edir və sığorta haqlarında endirimlər təklif edir [3]. Yaşıl bina və ev sığortalarına yalnız ekoloji məqsədlərlə tikilmiş binalar deyil, həm də ekoloji məqsədlər üçün əsaslı təmir edilmiş binalar da daxildir.

Ənənəvi enerji mənbələrinin azalması və onların istifadəsinin ətraf mühitə zərər verməsi səbəbindən inkişaf etmiş ölkələr bərpa olunan enerji mənbələrindən daha çox istifadə etməyə başlayıblar. Bərpa olunan enerji mənbələri, daima mövcud olan və ya mütəmadi yaranan enerji növləridir [15]. Bunlara hidroenerji, külək enerjisi, günəş enerjisi, geotermal enerji, biokütlə enerjisi, dəniz və okean dalğa enerjisi, qabarma və çəkilmə enerjisi, su axınlarının enerjisi və digərləri daxildir [2]. Hər bir ölkə, iqlim şəraitinə uyğun olaraq, günəş, külək və biokütlə enerjisi istehsal etməyə çalışır. Bu sahənin inkişafı üçün Azərbaycan Prezidenti 2004-cü ildə “Alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə olunması üzrə Dövlət Proqramı”nı təsdiq edib [12].

“Azərbaycan 2030: sosial-iqtisadi inkişafa dair Milli Prioritetlər” planında “yaşıl enerji” istifadəsi, enerjiden səmərəli istifadə və yeni dayanıqlı enerji mənbələrinə üstünlük verilməsi məqsəd qoyulub[1]. Bu, indiki və gələcək nəsillərin tələblərini ödəmək üçün ekoloji cəhətdən uyğun “yaşıl” texnologiyaların tətbiqini artırmağı nəzərdə tutur. İqtisadiyyatın bütün sahələrində alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrinin istifadəsi artırılmalı və iqlim dəyişikliklərinə təsir azaldılmalıdır. Ekoloji təmiz nəqliyyat vasitələri də ətraf mühitə müsbət təsir göstərəcəkdir. Postpandemiya dövründə “yaşıl artım” prioritetlərdən biri olub, 2030-cu ilə qədər bərpa olunan enerji mənbələrinin elektrik istehsalındakı payının 30%-ə çatdırılması planlaşdırılır.

Azərbaycanın Energetika Nazirliyi yanında Bərpa Olunan Enerji Mənbələri Dövlət

Agentliyinin məlumatına görə, 2023-cü ilə qədər bərpa olunan enerji mənbələri ilə Azərbaycanın enerji istehsal gücünə 440 MVt əlavə olunacaq. 2023-2025-ci illərdə 460 MVt, 2026-2030-cu illərdə isə 600 MVt əlavə ediləcək. 2022-ci ildə bərpa olunan enerjinin ümumi enerji istehsalındakı payının 22%-ə çatdırılması planlaşdırılır[8].



*Qrafik 1. 2022-2025-ci illərdə elektrik enerjisinin istehsalı və istehlakı barədə proqnoz, milyard kVt/s*

Ümumilikdə, 2025-ci ildə 28,3 milyard kVt/saat elektrik enerjisi istehsal ediləcəyi gözlənilir. Eyni zamanda, 2025-ci ildə elektrik istehlakının 24,3 milyard kVt/saat olacağı proqnozlaşdırılır.

Azərbaycan artıq bir çox tanınmış enerji şirkətləri ilə təzə enerji sahəsində danışıqlar aparır. Ölkənin bərpa olunan enerji potensialı ilə bağlı araşdırmalar göstərir ki, külək, günəş, biokütlə, dəniz dalğası və su axınları enerjisi üzrə imkanlar mövcuddur.

## **ƏDƏBİYYAT**

1. “Azərbaycan 2030: sosial-iqtisadi inkişafa dair Milli Prioritetlər”. Azərbaycan Respublikasının Prezidentinin 2021-ci il 2 fevral tarixli 2469 nömrəli Fərmanı ilə təsdiq edilmişdir. <https://e-qanun.az/framework/46813>
2. “Elektrik enerjisi istehsalında bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə haqqında” Azərbaycan Respublikasının Qanunu. Bakı şəhəri, 31 may 2021-ci il. № 339-VIQ. <http://e-qanun.az/framework/47842>
3. Sevim, U., Serçemeli, M & Arslantürk Çöllü, D. (2018). Yeşil Finans ve Muhasebe

- Teori ve Uygulama. Ankara: Gazi Kitabevi.
4. DBEIS. (2020). 2018 UK Greenhouse Gas Emissions, Final Figures.
  5. Li, J., Ng, S. T., & Skitmore, M. (2017). Review of low-carbon refurbishment solutions for residential buildings with particular reference to multi-story buildings in Hong Kong. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73, 393-407
  6. UNEP (2007). Green Financial Products and Services Report
  7. <https://greencommunities.com/mortgages/>
  8. <https://apa.az/az/xeber/senaye-ve-energetika/berpa-olunanenerji-2030-cu-iledek-azerbaycanin-umumi-enerji-istehsalina-1-500-mvt-elave-edecek-675739>
  9. <https://www.texnoland.az/faydal-malumatlar/zhunaesh-panellaeri.html>
  10. <https://azescience.org/gb/azerbaycandagunes-enerjisinden-istifade/>
  11. <https://www.intechopen.com/chapters>
  12. <https://www.intechopen.com/chapters/73729> [https://www.researchgate.net/publication/335321716\\_Solar\\_energy\\_energy\\_conservation\\_In\\_buildings](https://www.researchgate.net/publication/335321716_Solar_energy_energy_conservation_In_buildings)
  13. <https://www.asla.org/residentialsolar.aspx>
  14. <http://solarbyempire.com/why-solar/solar-panel-efficiency>

## XÜLASƏ

Bu gün enerji səmərəliliyinin artırılması vəzifəsi istehsalın və insan fəaliyyətinin bütün sahələri üçün ən mühüm vəzifələrdən biridir. Müasir dünyada aparıcı sahələrdən biri tikinti sənayesidir. Müasir binanın yaradılması və istismarı ilə bağlı problem ondan ibarətdir ki, əksər hallarda onun layihələndirilməsi zamanı enerjiyə qənaət amili ümumiyyətlə nəzərə alınmır və ya kifayət qədər nəzərə alınmır. Beləliklə, hansı üsullar yaşayış binalarının ümumi enerji göstəricilərinin artırılmasına ən çox təsir göstərir. Bu suala cavab vermək üçün əlavə əməl tələb edən əsas üsullar, həmçinin texnoloji, təşkilati, iqtisadi və əməliyyat müqayisəsi meyarları müəyyən edilmişdir.

**Açar sözlər:** enerji səmərəliliyi, binalar, yaşıl ipotekalar, ekoloji, bərpa olunan enerji

## РЕЗИЮМЕ

Сегодня задача повышения энергоэффективности является одной из важнейших задач для всех сфер производства и деятельности человека. Одной из ведущих отраслей в современном мире является строительная отрасль. Проблема создания и эксплуатации современного здания заключается в том, что в большинстве случаев фактор энергосбережения не учитывается вообще или учитывается недостаточно при его проектировании. Итак, какие же методы оказывают наибольшее влияние на повышение общей энергоэффективности жилых зданий? Для ответа на этот вопрос были выделены основные методы, требующие дальнейшей проработки, а также технологические, организационные, экономические и эксплуатационные критерии сравнения.

**Ключевые слова:** энергоэффективность, здания, зеленая ипотека, экология, возобновляемые источники энергии

## SUMMARY

Today, the task of increasing energy efficiency is one of the most important tasks for all spheres of production and human activity. One of the leading industries in the modern world is the construction industry. The problem with the creation and operation of a modern building is that in most cases, the energy saving factor is not taken into account at all or is taken into account insufficiently when designing it. So, what methods have the greatest impact on increasing the overall energy performance of residential buildings? To answer this question, the main methods that require further processing, as well as technological, organizational, economic and operational comparison criteria, have been identified.

**Keywords:** energy efficiency, buildings, green mortgages, environmental, renewable energy

*Məqaləyə AzMİU-nun Mühəndis sistemləri və qurğularının tikintisi" kafedrasının dosenti G.A. Ələsgərov rəy vermişdir.*

УДК 624.012.45:691.32

СЕИДОВ Н.Г., ГУЛИЕВА Л.З.

*Азербайджанский Университет Архитектуры и Строительства*

## **РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОВЫШЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УСИЛЕНИЕМ**

**Введение.** Железобетонные конструкции занимают важное место в современном строительстве, обеспечивая надежность, долговечность и высокие эксплуатационные характеристики зданий и сооружений. Эти конструкции используются в различных областях строительства: от жилых и промышленных объектов до инфраструктурных объектов, таких как мосты, дороги, водоемы и другие инженерные сооружения. Однако со временем, в силу воздействия внешних и внутренних факторов, железобетонные конструкции подвергаются различным повреждениям и разрушениям, что может привести к снижению их прочности и долговечности. В связи с этим возникает необходимость в усилении таких конструкций, что позволяет не только восстановить их первоначальные характеристики, но и повысить их устойчивость к различным внешним воздействиям. Основной причиной снижения устойчивости железобетонных конструкций является коррозия арматуры, которая возникает в результате химических процессов в бетоне и воздействии агрессивных внешних факторов. Помимо этого, механические повреждения, трещины, а также ухудшение качества бетона с течением времени могут значительно снижать прочность и стабильность конструкций. Для борьбы с этими проблемами разработаны различные методы усиления, направленные на улучшение прочностных характеристик железобетонных элементов, продление их срока службы и повышение общей безопасности конструкций. Целью данной работы является разработка рекомендаций по повышению устойчивости железобетонных конструкций с усилением. Для достижения этой цели в работе рассматриваются основные проблемы, которые влияют на

прочность и долговечность конструкций, а также предлагаются современные методы усиления, такие как использование композитных материалов, внешнего армирования, бетонирования и другие. Важно отметить, что выбор методов усиления зависит от состояния конструкции, ее назначения и условий эксплуатации. В первой части работы будет проанализирована актуальность темы усиления железобетонных конструкций, а также рассмотрены причины повреждений, которые могут повлиять на их устойчивость. Во второй части будут предложены различные подходы к усилению конструкций с учетом современных технологий и материалов, а также рекомендации по выбору оптимальных решений в зависимости от типа повреждений и условий эксплуатации. В заключение будут подведены результаты исследования, которые помогут улучшить проектирование и эксплуатацию железобетонных конструкций, повышая их долговечность и безопасность. Современные методы усиления железобетонных конструкций требуют применения инновационных материалов и технологий, что позволяет достигать высокого уровня прочности и надежности даже в условиях сложных эксплуатационных нагрузок. В последние десятилетия усиливается интерес к использованию композитных материалов, которые обладают рядом преимуществ перед традиционными строительными материалами, такими как сталь и бетон. Применение армированных полимерных материалов, углеродных волокон и других современных решений дает возможность значительно улучшить прочностные характеристики конструкций, а также ускорить процесс их восстановления и ремонта. Одной из ключевых задач, стоящих

перед инженерами и строителями, является выбор оптимальных методов усиления в зависимости от типа конструкции, состояния бетона, а также от воздействия внешней среды. Усиление может быть выполнено несколькими способами: как с применением внешнего армирования, так и с помощью добавления новых слоев бетона или использования специальных технологий, таких как инъекционные методы для герметизации трещин и предотвращения дальнейшего разрушения.

Материалы и методы, использованные в данном исследовании, направлены на глубокий анализ различных технологий усиления железобетонных конструкций, а также оценку их эффективности в условиях реальной эксплуатации. Основным материалом для исследования являются данные, полученные из анализа существующих проектов, строительных норм и стандартов, а также результаты экспериментов и лабораторных исследований, проведенных на различных объектах. Для вы-

полнения работы использованы как теоретические, так и практические методы. Теоретическая часть исследования основывается на анализе литературных источников, а также на изучении современных тенденций в области строительства и усиления железобетонных конструкций. В процессе работы была проведена детальная оценка причин, влияющих на снижение устойчивости конструкций, таких как коррозия арматуры, механические повреждения и воздействие агрессивных внешних факторов. В практической части исследования использовались данные лабораторных исследований, полученные в ходе анализа образцов материалов и конструкций, подвергшихся различным воздействиям. Для оценки эффективности методов усиления использовались данные о прочности бетона, долговечности арматуры, а также результаты испытаний на сдвиг, растяжение и сжатие. Для каждой из технологий усиления проводился расчет их воздействия на прочностные характеристики конструкции.

**Table 1:**

**Causes of Damage to Reinforced Concrete Structures**

<b>Причина повреждения</b>	<b>Описание</b>	<b>Рекомендации</b>	<b>Статистика (в %)</b>
Коррозия арматуры	Коррозия арматуры, вызванная воздействием влаги и агрессивных химических веществ, ослабляет прочность конструкции.	Использование антикоррозийных покрытий и защитных составов для арматуры.	40
Механические повреждения	Механические повреждения, такие как удары или чрезмерные нагрузки, могут привести к разрушению бетона и арматуры.	Усиление конструкций с помощью внешнего армирования или добавления новых слоев бетона.	25
Воздействие агрессивных внешних факторов	Воздействие сильных морозов, кислотных дождей, соли и других агрессивных веществ вызывает разрушение бетона.	Применение высококачественных и устойчивых материалов, а также регулярная диагностика состояния конструкции.	15
Трещины в бетоне	Трещины возникают в результате усталости материалов, механических нагрузок или перепадов температуры.	Использование инъекционных технологий для герметизации трещин и восстановление прочности бетона.	10
Устаревшие материалы	Использование старых и низкокачественных материалов может снизить долговечность конструкции.	Заменить устаревшие материалы на более современные и эффективные для повышения устойчивости.	10

**Источник:** Kruglov, V. M., Ustinov, V. P., Bobylev, K. B., & Bokarev, S. A. (2003). *Obespecheniye nadezhnosti inzhenernykh sooruzheniy. Transportnoe stroitel'stvo*, 1, 13-14.

Методы, используемые для усиления железобетонных конструкций, включают как традиционные, так и инновационные подходы. В качестве традиционных методов рассматриваются такие, как усиление с использованием внешнего армирования, добавление дополнительного слоя бетона и использование стальных элементов.

*Коррозия арматуры (40%).* Коррозия арматуры является одной из главных причин разрушения железобетонных конструкций. Она происходит в результате воздействия влаги, кислых дождей или химических веществ, которые проникают в бетон и нарушают защиту арматуры. Этот процесс ослабляет прочность конструкции и может привести к ее разрушению. Для борьбы с коррозией рекомендуется использовать антикоррозийные покрытия и защитные составы, которые предотвращают влияние внешней среды на арматуру.

*Механические повреждения (25%).* Механические повреждения происходят вследствие чрезмерных нагрузок, ударов или других механических воздействий на конструкцию. Такие повреждения могут быть связаны с аварийными ситуациями, где конструкция подвергается высоким силам, что приводит к разрушению бетона

или арматуры. Усиление конструкций с помощью внешнего армирования или добавления дополнительных слоев бетона позволяет восстановить прочность и долговечность таких конструкций. Воздействие агрессивных внешних факторов (15%) Воздействие внешней среды, таких как морозы, соли, кислотные дожди и другие агрессивные вещества, ускоряет разрушение бетона. Эти факторы влияют на химические свойства бетона, что со временем приводит к его эрозии и снижению прочности. Для защиты от этих воздействий рекомендуется использовать более устойчивые и качественные материалы, а также регулярно проводить диагностику состояния конструкций для своевременного выявления проблем.

*Трещины в бетоне (10%).* Трещины образуются в результате механических нагрузок, усталости материалов или перепадов температуры. Несмотря на их малый размер, трещины могут значительно ослабить конструкцию и привести к ее дальнейшему разрушению.

*Устаревшие материалы (10%).* Использование старых и низкокачественных материалов с течением времени может снизить эффективность и прочность конструкции.

**Table 2:**

**Evaluation of the Effectiveness of Strengthening Methods**

Метод усиления	Эффективность	Риски	Статистика (в %)
Внешнее армирование	Высокая эффективность при необходимости улучшить прочность на сдвиг и растяжение.	Проблемы с распределением нагрузки и взаимодействием с уже существующими конструкциями.	40
Усиление с помощью композитных материалов	Эффективно повышает прочность и устойчивость к трещинообразованию и воздействию внешних факторов.	Высокие затраты на материалы и технику, требующие дополнительного мониторинга.	35
Бетонирование	Дает увеличение сечения и прочности конструкции, но требует тщательного контроля качества выполнения работ.	Риски неадекватной адгезии при старом бетоне.	15
Применение стальных элементов	Эффективно восстанавливает устойчивость конструкции, особенно в местах с явными повреждениями.	Необходимость точного выполнения, чтобы избежать создания избыточной нагрузки на конструкцию.	10

**Источник:** Shilin, A. A. (2001). *Strategiya remonta zhelezobetonnykh konstruksiy podzemnykh sooruzheniy.* In *Nauchnoye obosnovaniye podzemnogo stroitel'stva* (pp. 301-344). Moscow: Izdat-vo Akademii gornykh nauk.

*Внешнее армирование (40%).* Внешнее армирование обладает высокой эффективностью при необходимости улучшить прочность на сдвиг и растяжение. Этот метод особенно подходит для усиления конструкций, подвергающихся высоким нагрузкам и механическим воздействиям. Однако существует риск неправильного распределения нагрузки и взаимодействия с уже существующими конструкциями, что может снизить эффективность усиления. Для минимизации этих рисков требуется тщательное проектирование и расчет.

*Усиление с помощью композитных материалов (35%).* Усиление с помощью композитных материалов, таких как углеродные и стекловолоконные волокна, эффективно повышает прочность и устойчивость конструкций к трещинообразованию, а также к воздействию агрессивных внешних факторов. Этот метод также отличается высокой гибкостью и легкостью. Однако он связан с высокими затратами на материалы и специализированную технику, что требует дополнительных расхо-

дов и мониторинга качества выполнения работ.

*Бетонирование (15%).* Бетонирование увеличивает сечение и прочность конструкции, что позволяет улучшить устойчивость железобетонных элементов к внешним воздействиям и нагрузкам. Однако этот метод требует тщательного контроля качества выполнения работ, поскольку существует риск неадекватной адгезии нового слоя бетона к старому, что может привести к снижению общей прочности усиленной конструкции.

*Применение стальных элементов (10%).* Применение стальных элементов или каркасов эффективно восстанавливает устойчивость конструкции, особенно в местах с явными повреждениями. Этот метод обеспечивает надежное усиление, особенно в критически нагруженных участках. Однако его реализация требует высокой точности, чтобы избежать создания избыточной нагрузки на конструкцию, что может негативно сказаться на её долговечности и безопасности.

**Table 3:**

**Methods for Strengthening Reinforced Concrete Structures**

Метод усиления	Описание	Статистика (в %)
Внешнее армирование	Использование стальных стержней или армированных лент для увеличения прочности конструкции.	35
Усиление с помощью композитных материалов	Использование углеродных, стекловолоконных и других композитных материалов для повышения прочности.	30
Бетонирование	Добавление дополнительных слоев бетона для увеличения сечения и улучшения прочности конструкции.	20
Применение стальных элементов	Вставка стальных элементов или каркасов для усиления слабых участков железобетонных конструкций.	15

**Источник:** Shilin, A.A., Pavlov, O.N., & Kirilenko, A.M. (2000). *Ekspluatatsiya i remont nesushchikh konstruksiy tonnel'ey inzhenernykh kommunikatsiy v g. Moskve*. In *Problemy stroitel'noy geotekhnologii* (pp. 102-116). Moscow: MGSGU

*Внешнее армирование (35%).* Внешнее армирование включает использование стальных стержней или армированных лент для увеличения прочности конструкции. Этот метод особенно эффективен при необходимости улучшить прочность на сдвиг и растяжение. Он позволяет значительно повысить устойчивость конструкции к ме-

ханическим повреждениям и повышенным нагрузкам. Тем не менее, для эффективного применения необходимо тщательно оценивать распределение нагрузки и правильность расчетов.

*Усиление с помощью композитных материалов (30%).* Усиление с помощью

композитных материалов, таких как углеродные или стекловолоконные волокна, является современным и высокоэффективным методом. Эти материалы обеспечивают значительное увеличение прочности конструкции при меньшем увеличении массы, что делает их привлекательными для применения в местах с ограниченными размерами или повышенными требованиями к долговечности. Однако этот метод может потребовать дополнительных затрат на материалы и оборудование.

*Бетонирование (20%).* Бетонирование заключается в добавлении дополнительных слоев бетона, что позволяет увеличить сечение конструкции и повысить ее прочность. Этот метод особенно полезен при необходимости улучшить устойчивость железобетонных элементов к внешним воздействиям и нагрузкам. Однако существует риск неадекватной адгезии нового слоя бетона к старому, что может снизить эффективность усиления.

*Применение стальных элементов (15%).* Применение стальных элементов или каркасов позволяет эффективно усилить слабые участки железобетонных конструкций, особенно в местах, подверженных высоким нагрузкам или повреждениям. Этот метод обеспечивает прочность и стабильность конструкции, однако его реализация может быть сложной, особенно в труднодоступных местах. Важно правильно интегрировать стальные элементы в общую конструкцию, чтобы не создать дополнительную нагрузку.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе проведенного исследования были рассмотрены основные причины снижения устойчивости железобетонных конструкций, а также предложены эффективные методы их усиления, направленные на повышение прочности, долговечности и устойчивости к внешним воздействиям. Важно подчеркнуть, что железобетонные конструкции играют ключевую роль в современном строительстве, и их

долговечность напрямую зависит от правильности выбора методов усиления, а также от своевременного проведения мероприятий по восстановлению. Одним из наиболее распространенных факторов, влияющих на снижение прочности железобетонных конструкций, является коррозия арматуры. Этот процесс часто приводит к снижению прочностных характеристик и появлению трещин в бетонной оболочке. Рассмотренные в работе методы усиления, такие как внешнее армирование, использование композитных материалов и бетонирование, доказали свою эффективность в борьбе с данным явлением. Применение современных технологий, включая углеродные волокна и стеклопластиковые материалы, позволяет значительно повысить прочность конструкций при относительно низких затратах и сокращении времени на выполнение работ. Кроме того, в ходе исследования было выявлено, что выбор метода усиления должен зависеть от состояния конкретной конструкции и ее эксплуатационных условий. Тщательная диагностика состояния здания или сооружения, выявление потенциальных проблем и использование соответствующих методов усиления обеспечат надежность и безопасность конструкции в долгосрочной перспективе. Важным аспектом является и контроль качества проведения работ, что позволяет исключить возможные ошибки и дефекты, которые могут снизить эффективность усиления. Результаты исследования также показали, что комплексный подход к усилению железобетонных конструкций, включающий как механические, так и химические методы, дает наилучшие результаты.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Kalinin, A. A. (2002). *Obsledovanie, raschet i usilenie zdaniy i sooruzheniy*. ASV.
2. Rekomendatsii po vosstanovleniyu i usileniyu polnosbornykh zdaniy polimerrastvorami. (1990). *TbilZNIIP*. Stroyizdat.
3. Onufriev, N. M. (1965). *Usileniye zhele-*

- zobetonnykh promyshlennykh zdaniy i sooruzheniy.* L. M.
4. Rekomendatsii po usileniyu zhelezobetonnykh konstruksiy zdaniy i sooruzheniy. (1985). *Kharkovskiy PromstroyNII-proyekt.*
  5. Rekomendatsii po obespecheniyu dolgovechnosti i nadezhnosti stroitel'nykh konstruksiy grazhdanskikh zdaniy iz kamnya i betona s pomoshch'yu kompozitnykh materialov. (1988). *NILEP OISI.*
  6. Polozheniye po otsenke sostoyaniya i soderzhaniya iskusstvennykh sooruzheniy na zheleznykh dorogakh Soyuza SSR. (1991). *Transport.*
  7. Instruktsiya po provedeniyu osmotriv mostov i trub na avto-dorogakh. (1990). *VSN 4 - 81. MAD.*
  8. Kruglov, V.M., Ustinov, V.P., Bobylev, K.B., & Bokarev, S.A. (2003). *Obespecheniye nadezhnosti inzhenernykh sooruzheniy. Transportnoye stroitel'stvo*, 1, 13-14.
  9. Shilin, A. A. (2001). *Strategiya remonta zhelezobetonnykh konstruksiy podzemnykh sooruzheniy.* In *Nauchnoye obosnovaniye podzemnogo stroitel'stva* (pp. 301-344). Moscow: Izdat-vo Akademii gornykh nauk.
  10. Shilin, A.A., Pavlov, O.N., & Kirilenko, A.M. (2000). *Ekspluatatsiya i remont neshchikh konstruksiy tonnel'ey inzhenernykh kommunikatsiy v g. Moskve.* In *Problemy stroitel'noy geotekhnologii* (pp. 102-116). Moscow: MGSU.

УДК 624.012.45:691.32

**Seyidov N.G., Guliyeva L.Z**

*Azerbaijan University of  
Architecture and Construction*

**Recommendations for improving  
the stability of reinforced concrete  
structures with strengthening**

**ABSTRACT**

This paper discusses recommendations for improving the stability of reinforced con-

crete structures. Reinforced concrete structures are widely used in construction due to their strength, durability, and cost-effectiveness. However, over time, these structures can be subjected to various damages caused by both natural processes, such as material aging, and external influences, including changes in climatic conditions, mechanical loads, aggressive environments, etc. As a result, strengthening and improving the stability of reinforced concrete structures become essential aspects of their design and operation. The first part of the paper reviews the reasons that lead to the reduction of stability in reinforced concrete structures. These can include technological defects in production, as well as operational factors, such as corrosion of reinforcement, cracks, mechanical damage, and degradation of concrete material. Special attention is given to issues related to the corrosion of reinforcement, which is one of the main causes of the deterioration of reinforced concrete structures. The mechanisms of corrosion are explored, along with methods to combat this phenomenon, including the use of anti-corrosion materials and technologies. The paper then describes various methods for strengthening reinforced concrete structures. These include both traditional and more modern approaches, such as the use of external reinforcement, strengthening with composite materials, steel and aluminum elements, and strengthening through additional concreting. The principles of calculation and design of reinforcements are discussed, taking into account the specifics of each type of structure. Strengthening methods include both simple techniques, such as increasing the cross-section, and more complex technologies involving the use of high-strength materials and innovative solutions. The second part of the paper provides practical recommendations for selecting reinforcement methods based on the type of structure, its condition, and operating conditions. Recommendations are made for diagnosing the condition of structures and choosing optimal reinforcement methods, which not only enhance their strength but also improve their operational characteristics.

**Keywords:** *reinforced concrete structures, stability, reinforcement, corrosion of reinforcement, reinforcement methods, composite materials, external reinforcement, concreting, strength.*

**Сеидов Н.Г., Гулиева Л.З.**

*Азербайджанский Университет  
Архитектуры и Строительства*

**Рекомендации по повышению  
устойчивости железобетонных  
конструкций с усилением**

### **АННОТАЦИЯ**

В настоящей работе рассматриваются рекомендации по повышению устойчивости железобетонных конструкций с усилением. Железобетонные конструкции широко используются в строительстве благодаря своей прочности, долговечности и экономичности. Однако со временем эти конструкции могут подвергаться различным повреждениям, вызванным как естественными процессами, такими как старение материалов, так и внешними воздействиями, включая изменения климатических условий, механические нагрузки, агрессивные среды и т. д. В результате, важным аспектом проектирования и эксплуатации железобетонных конструкций становится их усиление и повышение устойчивости. В первой части работы проводится обзор причин, влияющих на снижение устойчивости железобетонных конструкций. Это могут быть как технологические дефекты при производстве, так и эксплуатационные факторы, такие как коррозия арматуры, трещины, механические повреждения и деградация материала бетона. В частности, особое внимание уделено проблемам, связанным с коррозией арматуры, что является одной из основных причин

разрушения железобетонных конструкций.

Рассматриваются механизмы коррозии, а также методы борьбы с этим явлением, включая применение антикоррозийных материалов и технологий. Далее описываются различные методы усиления железобетонных конструкций. К ним относятся как традиционные, так и более современные подходы, включая применение внешнего армирования, усиление с помощью композитных материалов, стальных и алюминиевых элементов, а также метод усиления с помощью бетонирования. Подробно рассматриваются принципы расчета и проектирования усиления с учетом специфики эксплуатации каждого типа конструкции. Для усиления используются как простые методы, такие как увеличение сечения, так и более сложные технологии, включающие использование высокопрочных материалов и инновационных решений. Вторая часть работы посвящена практическим рекомендациям по выбору методов усиления в зависимости от типа конструкции, ее состояния и условий эксплуатации. Разработаны рекомендации по проведению диагностики состояния конструкций и выбору оптимальных методов усиления, что позволяет не только повысить их прочность, но и улучшить эксплуатационные характеристики. Особое внимание уделено процессам контроля за качеством выполнения работ по усилению, а также проверке соответствия проектных решений действующим строительным нормам и стандартам.

**Ключевые слова:** *железобетонные конструкции, устойчивость, усиление, коррозия арматуры, методы усиления, композитные материалы, внешнее армирование, бетонирование, прочность.*

*Отзыв дал на статью доцент кафедры  
«Строительные конструкции» доктор  
философии по технике Д.В. Аскеров.*

UOT 621

CAVADOVA M.M., URUŞANOV K.N.

*AzMIU*

## ELEKTRİK ÖTÜRÜCÜ XƏTLƏRİNDƏ İQTİSADI KƏSİŞMƏ DƏYƏRİNİN TƏHLİLİ

**Giriş:** Enerji sistemlərinin səmərəli təşkili və idarə olunması müasir dövrdə xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Bu məqalədə elektrik ötürücü xətlərində iqtisadi kəşişmə dəyərini təhlili məqsədilə geniş təhlillər aparılmışdır. Elektrik enerjisinin istehsalından istehlaka qədər olan mərhələsində səmərəli ötürmə texnologiyaları və onların iqtisadi əsaslandırılması xüsusi aktualıq daşıyır. Mövcud resurslardan optimal istifadə etməklə, iqtisadi səmərəliliyin artırılması məqsəd qoyulmuşdur. Elektrik ötürücü xətlər enerji sistemlərinin əsas komponentlərindəndir. Onların texniki xüsusiyyətləri, məsələn, keçiricilik qabiliyyəti, izolyasiya səviyyəsi, xətlərin uzunluğu və digər parametrlər xəttin ümumi səmərəliliyinə təsir göstərir. Bu parametrlərin hər biri ötürmə zamanı yaranan enerji itkilərinin miqdarını müəyyənləşdirir. Enerji itkilərinin azaldılması və resursların effektiv istifadəsi nəzərə alınaraq, optimal ötürücü xətt layihələndirilməsi müasir dövrdə zəruri tələblərdəndir. İqtisadi kəşişmə nöqtəsi elektrik ötürmə sisteminin iqtisadi baxımdan ən optimal fəaliyyət nöqtəsidir. Bu nöqtədə xərclərin minimum olduğu, kapital qoyuluşları ilə istismar xərclərinin bərabərləşdiyi vəziyyət əldə olunur. Hesablama zamanı xəttin uzunluğu, gərginlik səviyyəsi, yüklənmə dərəcəsi və digər parametrlər nəzərə alınır. Bu fəsilə müxtəlif metodlardan – analitik və qrafik üsullardan istifadə edilərək iqtisadi kəşişmə dəyərini hesablanması geniş şəkildə izah olunur. Tədqiqatın bu mərhələsində müxtəlif gərginlik səviyyələrində enerji ötürülməsi modelləşdirilərək təhlil edilir. Modelləşdirmə nəticəsində kapital qoyuluşları ilə istismar xərcləri arasında qarşılıqlı asılılıq müəyyən olunur. İqtisadi kəşişmə dəyəri iqtisadiyyatda tələbin və təklifin eyni olduğu hissəni göstərir. Bu hissədə bazarda təklif olunan məhsulun qiyməti ilə istehlakçıların almaq istədiyi qiymət bərabər olur. Bu kəşişmə nöqtəsi, yaranan çatışmaz-

lıqları aradan qaldırır. Həmdə qiymət dəyişikliyi bu kəşişməni dəyişdirə bilər. Kəşişmə nöqtəsini rahat başa düşmək üçün aşağıdakı nümunəyə baxaq:

**Tələb:** İstehlakçılar ucuz qiymətə daha çox məhsul ala bilər. Təklif: İstehlakçılar yüksək qiymətə daha çox məhsul verə bilərlər. Kəşişmə nöqtəsi, hər iki qüvvənin eyni keyfiyyətdə olduğu yerdir. İKD- iqtisadiyyatda çox mühüm bir rol oynayır.

İqtisadi kəşişmə dəyəri (İKD) - müxtəlif texniki variantlar arasında seçim zamanı tətbiq olunan mühüm iqtisadi göstəricilərdən biridir. Bu göstərici, əsasən, investisiya və istismar xərclərinin müqayisəli təhlili əsasda müəyyən edilir və iki və ya daha çox alternativin ümumi xərclərinin zaman üzrə bərabərləşdiyi nöqtəni ifadə edir. Xüsusilə elektrik ötürücü xətlərin layihələndirilməsi zamanı, İKD uzunmüddətli iqtisadi səmərəliliyin qiymətləndirilməsində əvəzsiz vasitə kimi çıxış edir.

Praktik nümunə olaraq, biri aşağı ilkin investisiya tələb edən, lakin yüksək istismar və enerji itkisi olan xətt variantı ilə, digər tərəfdə daha yüksək kapital qoyuluşu, lakin azaldılmış istismar və enerji itkiləri ilə xarakterizə olunan ikinci bir alternativ götürülə bilər. Bir müddətsən sonra bu iki layihənin ümumi xərcləri eyni səviyyəyə çatır və həmin nöqtəyə iqtisadi kəşişmə nöqtəsi deyilir. Bu analiz əsasında müəyyən edilə bilər ki, layihənin hansı mərhələsində və hansı istismar müddəti üçün konkret variant daha səmərəli olacaqdır. Elektrik enerjisinin istehsal olduğu müəssisədən son istifadəçiyə qədər ötürülməsi zamanı enerji itkiləri baş verir. Bu itkilər enerji sisteminin səmərəliliyinə mənfi təsir göstərir və nəticədə həm texniki, həm də iqtisadi baxımdan zərərlərə səbəb olur. Elektrik enerjisinin ötürülməsində baş verən itkilər əsasən elektrik cərəyanının fiziki və elektromaqnit xassələrindən irəli gəlir və bir neçə əsas kateqo-

riyaya bölünür.

Aktiv enerji itkiləri (Ohm itkiləri)

$$P = VI = \frac{V^2}{R} = I^2R$$

burada:  $P$  - enerji itkisi (*Watt*);  $I$  - ötürülən cərəyan (*Amper*);  $R$  - naqilin müqaviməti (*Om*).

Deməli, cərəyanın artması və naqilin müqavimətinin yüksək olması enerji itkisini də artmasma gətirib çıxarır. Bu tip itkilər xüsusilə uzun məsafəli ötürücü xətlərdə əhəmiyyətli dərəcədə olur. Transformator itkiləri enerji ötürməsi zamanı gərginliyin artırılması və ya azaldılması məqsədilə istifadə olunan transformatorlar da azda olsa enerji itkisinin yaranmasına gətirib çıxarır. Bu itkilər aşağıdakı kimi təsnif edilir:

- Aktiv sarğı itkiləri (*Cu losses*): Transformatorun mis sarğılarında baş verən istilik itkiləridir.
- Maqnit nüvəsi itkiləri (*Fe losses*): Nüvədə yaranan histerezis və gırdab cərəyanları nəticəsində meydana çıxır.

Transformator itkilərinin azalması üçün yüksək keyfiyyətli materiallardan istifadə olunması və optimallaşdırılmış dizayn mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Dielektrik və izolyasiya itkiləri

Yüksək gərginlikli kabellərdə və hava xətlərində izolyasiya materiallarında yaranan enerji sızmalan da itkilərinə təsir edir. Bu itkilər adətən köhnəlmiş, zədələnmiş və ya rütubətə məruz qalmış izolyasiya örtüklərində müşahidə olunur. Nəticədə sızmalar və qısa qapanmalar baş verir.

#### **Korona itkiləri.**

Yüksək gərginlikli hava xətlərində naqillərin ətrafındakı hava ionlaşaraq "korona boşalmaları" adlanan hadisəyə səbəb olur. Bu proses zamanı həm səs, həm də işıq müşahidə edilə bilər və nəticədə enerji itkisi baş verir. Korona effekti daha çox rütubət olan və çirklili hava şəraitində, naqillər arasında məsafə az olduqda yaranır.

Reaktiv güc və sistem balanssızlığı nəticəsində itkilər elektrik sistemlərində güc ( $\cos(\varphi)$ ) aşağı olduqda reaktiv güc dövriyyəsi artır və bu zaman ötürmə xətlərində əlavə yüklən-

mə baş verir və enerji itkilərinə səbəb olur. Reaktiv güc faydalı iş yerinə yetirmədiyi üçün, bu itkilərin azaldılması üçün kompensasiya qurğuları (kondensator batareyaları və ya STATCOM sistemləri) istifadə olunur.

Avadanlıq və mexaniki komponentlərdə yaranan itkilər elektrik ötürmə sistemində istifadə olunan keçid cihazları, kontaktorlar, açarlar, birləşdirici məntəqələr və digər avadanlıqlar da enerji itkilərinə səbəb ola bilər. Xüsusilə, bu komponentlər texniki baxımdan köhnədikdə və ya nasaz olduqda enerji səmərəliliyi azalır.

Elektrik enerjisi itkilərinin azaldılması yolları. Enerji ötürülməsi zamanı itkiləri aradan qaldırmaq üçün aşağıdakı tədbirlər həyata keçirilə bilər:

- Yüksək gərginlikli ötürmə sistemlərinin tətbiqi: Cərəyanın azalması nəticəsində  $I^2R$  itkiləri əhəmiyyətli dərəcədə azaldıla bilər. Effektiv transformator və naqıl seçimi: Aşağı müqavimətli və yüksək keçiricilikli materiallardan istifadə itkilərin qarşısını alır.
- Reaktiv gücün kompensasiyası: Gücün artırılması ötürmə sistemində yüklənməni azaldır.

**Nəticə:** Tədqiqat nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, elektrik ötürücü xətlərində iqtisadi kəşimə dəyərinin təhlili enerji sistemlərinin səmərəli təşkili və idarə olunması üçün vacib rol oynayır. Ötürücü xətlərin texniki parametrləri - keçiricilik qabiliyyəti, xətt uzunluğu, gərginlik səviyyəsi və digər göstəricilər enerji itkilərinə və istismar xərclərinə güclü təsir göstərir. Elektrik ötürmə sistemlərinin layihələndirilməsi zamanı iqtisadi kəşimə dəyərinin nəzərə alınması ilə enerji itkiləri azaldıla, resurslardan daha effektiv istifadə-ölünməsi və ümumi sistem səmərəliliyi artırıla bilər. Elektrik ötürücü xətlərində hava xətti ilk illərdə daha aşağı investisiya tələb etsə də, onun istismar və enerji itkisi xərcləri yüksək olduğundan 11-ci ildən sonra kabel xətləri daha sərfəli alternativə çevrildi.

#### **ƏDƏBİYYAT**

1. Əliyev Ə.Ə. – Elektrik təchizatı sistemləri. Bakı: "Elm və Təhsil", 2015.

2. Hüseynov M.Q. – Elektrotexnika və enerji təchizatı. Bakı: ADNSU nəşriyyatı, 2018.
3. Süleymanov E.M. – Enerji təchizatı və idarəetmə sistemləri. Bakı: Nurlan, 2016.

### **Elektrik ötürücü xətlərində iqtisadi kəşimə dəyərinin təhlili**

#### **XÜLASƏ**

Məqalədə, elektrik ötürücü xətlərində iqtisadi kəşimə dəyərinin təhlili, enerji sistemlərinin səmərəli layihələndirilməsi və idarə olunması tərəfdən mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu anlayışın məqsədi ötürücü xətlər üçün optimal keçiricilik qabiliyyətinin müəyyən edilməsidir. Məqsəd həm ilkin investisiya xərclərini, həm də enerji itkilərindən yaranan istismar xərclərini minimuma endirməkdir. İqtisadi kəşimə dəyəri dedikdə, ötürücü xəttin tikintisi zamanı aparılan texniki və iqtisadi analiz nəticəsində əldə edilən, xərclərlə effektivliyin balanslaşdırıldığı nöqtə nəzərdə tutulur. Bu nöqtədə xəttin keçiricilik qabiliyyəti artıqca itkilər azalır, lakin tikinti və material xərcləri artır. Analiz zamanı xəttin uzunluğu, keçirici materialın növü, cərəyan gərginliyi və enerji tələbatı kimi parametrlər nəzərə alınır.

**Açar sözlər:** *Elektrik ötürücü xətləri, iqtisadi kəşimə, enerji itkiləri*

**ISSN 1608-8298**

**ƏLƏSGƏROV G.A., ƏHMƏDOVA X.V.**

*Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti*

### **MÜASİR DÖVRDƏ ALTERNATİV ENERJİ MƏNBƏLƏRİNİN ROLU**

**Giriş.** Hal-hazırda alternativ enerji mənbələri yaşadığımız dövrdə gələcəyin enerji təminatında əvəzedilməz rol oynayır. Xüsusilə günəş və külək enerjisi kimi təmiz və bərpa olunan enerji növləri, həm iqtisadi, həm də ekoloji baxımdan enerji balansının qorunmasında əsas vasitə kimi qəbul edilir. Bu enerji növlərinin istifadəsi ətraf mühitə mənfi təsirlərin azalmasına, karbon izinin azaldılmasına və təbii resursların qorunmasına böyük töhfə verir. Alternativ enerji mənbələrinin tətbiqi ilə yanaşı, enerji effektivliyi və dayanıqlı in-

### **Analysis of economic intersection cost in power transmission lines**

#### **ABSTRACT**

In the article, the analysis of the economic cross-sectional value of power transmission lines is of great importance for the efficient design and management of power systems. The purpose of this concept is to determine the optimal conductivity for transmission lines. The goal is to minimize both the initial investment costs and the operating costs arising from energy losses. The economic cut-off value is the point at which costs and efficiency are balanced, as a result of a technical and economic analysis conducted during the construction of a transmission line. At this point, as the line's capacity increases, losses decrease, but construction and material costs increase. Parameters such as line length, type of conductor material, current voltage, and energy demand are taken into account during the analysis.

**Keywords:** *Power transmission lines, economic intersection, energy losses*

*Məqaləyə AzMİU-nun Mühəndis sistemləri və qurğularının tikintisi” kafedrasının dosenti B.Q. Mehdiyev rəy vermişdir.*

kişaf prinsipləri ön plana çıxır ki, bu da ölkələrin uzunmüddətli enerji strategiyalarında əsas yer tutur.

Azərbaycan Respublikasında külək enerjisindən istifadə üçün geniş imkanlar mövcuddur. Ölkəmizdə il ərzində küləyin orta sürəti saniyədə 3 metrədən 7 metrə qədər dəyişir ki, bu da külək enerjisinin toplanması və istifadəsi baxımından kifayət qədər əlverişli göstəricilərdir. Bu məlumatlara əsaslanaraq, Azərbaycanda ildə təqribən 800 meqavattlıq külək enerjisinin əldə olunması mümkün he-

sab edilir ki, bu da ölkənin enerji balansının diversifikasiyası və ekoloji cəhətdən təmiz enerji mənbələrinin artırılması üçün mühüm potensialdır.

Hazırda dünyada 70-ə yaxın ölkədə günəş elektrik stansiyaları uğurla fəaliyyət göstərir. Günəş elektrik stansiyalarının məhsuldarlığı əsasən coğrafi mövqe, təbii iqlim şəraiti və günəş radiasiyasının intensivliyi ilə sıx bağlıdır. Azərbaycan üçün bu göstəricilər çox əlverişlidir: ölkəmizdə il ərzində günəşli günlərin sayı 260-280 gün arasında dəyişir. Bu fakt ölkədə günəş enerjisindən effektiv şəkildə istifadə olunmasına geniş imkanlar yaradır. Belə şəraitdə günəş enerjisi yalnız elektrik istehsalında deyil, həm də istilik təminatında, suyun duzsuzlaşdırılması və digər sənaye sahələrində tətbiq oluna bilər.

Son əsrlər ərzində dünya əhalisinin iqtisadi və sosial sahələrdə sürətli inkişafı, təbii ehtiyatların intensiv istismarı nəticəsində ətraf mühitə mənfi təsirlər artmışdır. İqlim dəyişiklikləri, hava və suyun çirklənməsi, bioloji müxtəlifliyin azalması kimi problemlər qlobal miqyasda ciddi narahatlıq doğurur. Bu problemlərin qarşısının alınması üçün bir çox ölkələr, o cümlədən Azərbaycan da, alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrinə yönəlmiş siyasət həyata keçirir. Belə ki, respublikamızda təbii sərvətlərdən səmərəli istifadə və ətraf mühitin mühafizəsi məsələlərinə xüsusi önəm verilir.

Bu istiqamətdə mühüm addımlar Prezident İlham Əliyevin rəhbərliyi ilə atılmışdır. 2004-cü il oktyabrın 21-də imzalanmış "Azərbaycan Respublikasında alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə olunması üzrə Dövlət Proqramı" ölkədə alternativ enerji sahəsində inkişaf strategiyasını müəyyən etmiş və bu sahənin qanunvericilik bazasını möhkəmləndirmişdir. Proqramın məqsədi enerji sektorunda davamlılığın təmin olunması, təbii ehtiyatların qorunması və enerji resurslarından səmərəli istifadənin genişləndirilməsidir.

Dövlət Proqramından irəli gələn vəzifələrin sürətli və effektiv icrasını təmin etmək üçün 2009-cu il iyulun 16-da Prezident İlham Əliyev "Sənaye və Energetika Nazirliyinin

nəzdində Alternativ və Bərpa Olunan Enerji Mənbələri üzrə Dövlət Agentliyinin yaradılması haqqında" fərman imzalamışdır. Agentliyin yaradılması ilə bərpa olunan enerji sahəsində kompleks və koordinasiyalı işlərin aparılması mümkün olmuşdur. Bu qurum alternativ enerji layihələrinin təşviqi, tətbiqi və tənzimlənməsi sahəsində ölkədə aparıcı rol oynayır.

Alternativ enerji mənbələrindən istifadənin əsas məqsədi təbii ehtiyatların davamlı və səmərəli istifadəsini təmin etməklə ətraf mühitin çirklənməsinin qarşısını almaq, istixana qazlarının emissiyalarını azaltmaq, enerji istehsalında ekoloji dayanıqlılığı artırmaq və enerji strukturunu daha müasir və səmərəli etməkdir. Bu, Azərbaycanın enerji təhlükəsizliyini təmin etməklə yanaşı, ölkənin iqtisadi inkişafını da gücləndirir, yeni iş yerlərinin yaradılmasına və innovasiyaların tətbiqinə zəmin yaradır.

Bununla yanaşı, alternativ enerji mənbələri, xüsusən də külək və günəş enerjisi, enerji idxalından asılılığı azaldaraq, ölkənin valyuta ehtiyatlarının qorunmasına da kömək edir. Bu da Azərbaycan üçün strateji əhəmiyyət kəsb edir, çünki enerji sektorunun müxtəlifliyinin təmin olunması həm daxili bazarda stabil qiymətlərə, həm də beynəlxalq bazarlarda rəqabət qabiliyyətinə təsir göstərir.

Bu sahənin inkişafı üçün hal-hazırda da elmi araşdırmalar davam etdirilir və yeni məlumatlar toplanır. Toplanan məlumatlar və aparılan təcrübələr elmi-metodoloji baxımdan əhəmiyyətli hesab olunaraq müxtəlif sahələrdə tətbiq edilir. Hazırda insanlar dünyada yeni növ enerji mənbələrinin axtarışındadır. NASA artıq yanacaq istehsalı texnologiyasında ucuz kanalizasiya axıntılarında və yosunlardan istifadə yollarını araşdırır. Agentlik okeanlarda üzən, içərisi axıntı suları ilə dolu plastik paketlərdə yosunları yetişdirmək və bioyanacaq istehsalı məqsədilə istifadə etməyə hazırlaşır. NASA-nın Kaliforniya Tədqiqat Mərkəzindən aparıcı elmi işçi Conatan Trent bildirir ki, bu tədqiqatın məqsədi üç əsas hədəfi əhatə edir: məhdud ehtiyatlarla kiçik ərazilərdə bioyanacaq istehsal etmək, karbon dioksid emissiyalarını azaltmaq və

axıntı sularını təmizləmək. Proses kifayət qədər sadədir: “OMEGA” – “Yosunlar üçün Sahilyanı Membran Örtükləri” adlı sistemə yosunlar və axıntı suları əlavə edilir. Astronavtların uzunmüddətli kosmik uçuşlarında istifadə etdikləri bu membranlar içməli suyun əldə olunmasına, şor suların isə qarşısının alınmasına şərait yaradır. Axıntı sularında olan qidalandırıcı maddələr hesabına yosunlar sürətlə inkişaf edir və bu proses nəticəsində lipidlər (yağlı molekullar) yanacaq kimi istifadə olunur. Daha sonra təmizlənmiş su və oksigen yenidən okeana qaytarılır. Proses təzyiqin öz-özünə yaranması hesabına həyata keçirildiyindən əlavə enerji sərfi tələb olunmur. Hətta bu paketlərdə çatlar yarandıqda belə, yosunlar okean suyunun təsiri ilə məhv olur və bu, yoluxucu xəstəliklərin yayılmasının qarşısını alır. Bütün bunlarla yanaşı, bərpa olunan enerji mənbələrinin həm müsbət, həm də mənfi tərəfləri vardır. Bu mənbələrin əsas üstünlükləri onların ekoloji baxımdan təmiz olması və geniş yayılma imkanına malik olmalarıdır. Lakin bu enerji mənbələrinin bəzi çatışmazlıqları da mövcuddur. Onlardan istifadə üçün geniş ərazilər tələb olunur və bir çox hallarda bu mənbələr vaxta görə dəyişkənlik göstərir. Bu, enerji qurğularının böyük sahələrdə yerləşdirilməsinə, dolayısı ilə də böyük maliyyə vəsaiti yatırılmasına səbəb olur. Doğrudur, ilkin sərmayə qoyuluşu yüksək olsa da, sonradan aşağı istismar xərcləri sayəsində bu xərclər özünü doğruldur. Ən problemlə məqam isə bu enerji mənbələrinin qeyri-sabit olmasıdır. Məsələn, qabarma-çəkmə enerjisi xarakter daşısı da, günəş enerjisi hava şəraitindən asılı olaraq dəyişkən ola bilər. Külək enerjisi isə ümumiyyətlə daha çox dəyişkənlik göstərir. Digər tərəfdən, geotermal enerji qurğuları daha sabit və fasiləsiz enerji təminatı ilə seçilir.

## **NƏTİCƏ**

Alternativ enerji qaynaqlarından elektrik istehsal edən sistemlərin zamanla inkişaf edən texnologiya ilə bərabər quraşdırılma

və yenilənmə xərclərinin az olması səbəbindən istifadəsi sürətlə artır. Günəş, külək, hidroelektrik, geotermal enerji istehsalı qaynaqları son dövrlərdə güvənlə dövlətlərin elektrik şəbəkələrinə inteqrasiya edilir.

Alternativ enerji mənbələrinin tətbiqində müxtəlif innovativ texnologiyalar və tətbiq üsulları təklif olunur. Məsələn, günəş panelələrinin və külək turbinalarının modernləşdirilməsi, enerji saxlama sistemlərinin yaradılması, smart şəbəkələr və enerji idarəetmə sistemlərinin tətbiqi bu sahənin inkişafını sürətləndirir. Belə yanaşmalar enerji istehsalının səmərəliliyini artırmaqla yanaşı, enerji təchizatında fasiləsizliyi və stabilliyi təmin edir.

Azərbaycan bu sahədə əldə etdiyi uğurlu nəticələrlə həm regionda, həm də beynəlxalq miqyasda öz yerini möhkəmləndirir. Ölkəmizdə alternativ və bərpa olunan enerji sektorunun inkişafı, enerji müstəqilliyinin gücləndirilməsi üçün əsas amillərdən biridir. Bu istiqamətdə həyata keçirilən layihələr yalnız enerji istehsalını artırmır, həm də ölkənin iqtisadiyyatına müsbət təsir göstərir, yeni iş yerləri yaradır, yerli sənayenin inkişafına dəstək olur və xarici investisiyaların cəlb olunmasına şərait yaradır.

Alternativ enerji mənbələrinin geniş tətbiqi Azərbaycanın enerji təhlükəsizliyini təmin etməklə yanaşı, ölkənin dayanıqlı inkişaf strategiyasını həyata keçirməkdə mühüm rol oynayır. Enerji sektorunda müasir texnologiyaların tətbiqi, ekoloji tarazlığın qorunması və iqtisadi səmərəliliyin artırılması baxımından bu istiqamətdə atılan addımlar gələcək nəsillər üçün sağlam və təhlükəsiz enerji mühiti yaradılmasına xidmət edir.

Ümumilikdə, alternativ enerji mənbələrinin istifadəsi yalnız enerji istehsalının diversifikasiyası ilə məhdudlaşmır, həm də Azərbaycan üçün davamlı iqtisadi artımın, ekoloji cəhətdən təmiz və rəqabətədavamlı enerji sistemlərinin formalaşmasının təməli daşır. Bu isə ölkənin beynəlxalq enerji bazarında daha güclü və etibarlı tərəfdaş kimi çıxış etməsinə şərait yaradır.

**Мамедов Н.Я., Ахмедова Х.В.**

**ƏDƏBİYYAT**

*Азербайджанский Университет*  
*Архитектуры и Строительства*

**Роль альтернативных источников энергии в современное время**

**РЕЗЮМЕ**

Как известно, в энергосистемах происходят потери энергии. В результате этого негативно сказывается на эффективности работы системы и нарушается нормальная работа системы. Помимо устранения потерь, которые будут иметь место в настоящее время, одним из важных условий является обеспечение прибыльной работы системы. Поэтому повсеместное использование альтернативных источников энергии экономит топливо и негативно влияет на экологию, выделяя вредные газы из источников энергии в окружающую среду. В результате сгорания топлива в атмосферу выбрасывается углекислый газ и другие парниковые газы, что негативно сказывается на жителях, проживающих на прилегающей территории. Запасы этих источников энергии ограничены и со временем могут иссякнуть. В статье рассматривается важность использования альтернативных источников энергии, а также их совместного использования с ветровой и тепловой энергией в качестве традиционных источников энергии. Такая интеграция позволяет сделать производство энергии более гибким и прибыльным. Например, энергия ветра может использоваться для обеспечения электроэнергией в ветреные дни, в то время как традиционные источники энергии (природный газ или тепло) могут использоваться в качестве резервных, чтобы не было перебоев с электроэнергией в периоды, когда энергия ветра недоступна.

**Ключевые слова:** *Альтернативная энергетика, ветроэнергетика, тепловая энергия, экология, окружающая среда, вредные газы.*

1. Feyziyev H.Q., Cəlilov M.F. İstilik təchizatı, dərslük. AZKOND, 2008.-651s.
2. N.Y. Məmmədov, R.Ə. Məhərrəmov. Müasir isitmə sistemləri, dərslük. AZKOND, 2006.-601s.
3. Cəlilov M.F. İstilik elektrik mərkəzlərinin istilikləşdirmə avadanlıqları. «İstilik-qaz təchizatı və ventilyasiya» ixtisası üzrə magistr pilləsi üçün metodik vəsait, Bakı-2004, 54s.
4. SNiP 23-01-99. Stroitel'naya klimatologiya/ Qosstroy Rossii.-M.:QUP ÜPP, 2000
5. Times Square New York City. Highlighting high performance. US DOE. 2001.
6. Energy efficiency in a Manhattan skyscraper. CADDET. 2000.
7. Environmental Guidelines For Tenant Improvements. Conde Nast Building@Four Times Square.
8. <https://helind.com/az/posts/22/alternativ-enerji-nedir>
9. <https://www.freshwatersystems.com/blog/s/blog/how-to-maintain-your-uv-system>

**Ələsgərov G.A., Əhmədova X.V.**

*Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti*

**Müasir dövrdə alternativ enerji mənbələrinin rolu**

**XÜLASƏ**

Bildiyimiz kimi energetika sistemlərində enerji itkiləri baş verir. Nəticə sistemin səmərəli iş rejiminə mənfi təsir göstərir və sistemin normal işi pozulur. Hal hazırda baş verəcək itkiləri aradan qaldırmaqla yanaşı sistemin rentabelli iş rejiminin təmin edilməsi vacib şərtlərdən biridir. Buna görə də alternativ enerji mənbələrdən geniş istifadə olunması ilə yanacağa qənaət edilir və enerji istehsalçılarının mənbələrindən ətraf mühitə zərərli qazların ayrılması ilə ekologiyaya mənfi təsir göstərir. Yanacaqlarının yanması nəticəsində karbon dioksid və digər istixana qazları atmosfərə atılır, bu da ətrafda yaşayan sakinlə-

rə mənfi təsir göstərir. Bu enerji mənbələrinin ehtiyatları məhduddur və zamanla tükənmə təhlükəsi ilə üzləşir. Məqalədə Alternativ enerji mənbələrdən istifadə olunmasının vacibliyi ilə yanaşı ənənəvi enerji mənbələri kimi külək və termal enerjisi ilə birgə istifadə edilməsi nəzərdə tutulur. Bu inteqrasiya, enerji istehsalının daha çevik və sərfəli olmasına imkan verir. Məsələn, külək enerjisi küləkli günlərdə elektrik enerjisini təmin etmək üçün istifadə edilə bilər, eyni zamanda ənənəvi enerji mənbələri (təbii qaz və ya istilik) ehtiyat kimi istifadə oluna bilər, beləliklə, külək enerjisinin olmadığı dövrlərdə enerji kəsintisi baş verməz.

**Açar sözlər:** *Alternativ enerji, külək enerjisi, termal enerjisi, ekologiyaya, ətraf mühit, zərərli qazlar*

**Ələsgərov G.A., Akhmedova Kh.V.**

*Azerbaijan University of  
Architecture and Construction*

### **Role of alternative energy sources in modern times**

#### **SUMMARY**

As we know, energy losses occur in energy systems. The result is a negative impact on the efficient operation of the system and the normal operation of the system is dis-

rupted. In addition to eliminating the losses that will occur at present, ensuring the profitable operation of the system is one of the important conditions. Therefore, the widespread use of alternative energy sources saves fuel and has a negative impact on the ecology by releasing harmful gases from energy sources into the environment. As a result of the combustion of fuels, carbon dioxide and other greenhouse gases are released into the atmosphere, which has a negative impact on the residents living in the surrounding area. The reserves of these energy sources are limited and face the threat of depletion over time. The article considers the importance of using alternative energy sources, as well as their use together with wind and thermal energy as traditional energy sources. This integration allows energy production to be more flexible and profitable. For example, wind energy can be used to provide electricity on windy days, while traditional energy sources (natural gas or heat) can be used as a backup, so that there is no power outage during periods when wind energy is not available.

**Keywords:** *Alternative energy, wind energy, thermal energy, ecology, environment, harmful gases.*

*Məqaləyə AzMİU-nun Mühəndis sistemləri  
və qurğularının tikintisi” kafedrasının  
dosenti G.H. Feyziyeva rəy vermişdir.*

**UCD 33.336**

**<sup>1</sup>HAJIYEV J.J., <sup>2</sup>HUSEYNOVA K.Ch.**

<sup>1</sup>*Azerbaijan Tourism and Management University*

<sup>2</sup>*State Tourism Agency of the Republic of Azerbaijan*

<sup>1</sup>*jamal.hajiyev@atmu.edu.az, ORCID: 0000-0002-6409-3010*

<sup>2</sup>*kamala.chingizgizi@gmail.com, ORCID: 0009-0007-7735-0948*

### **THE IMPACT OF HYBRID AND REMOTE WORK MODELS ON HUMAN RESOURCES MANAGEMENT IN AZERBAIJAN**

**Introduction.** One of the key changes observed in the development of labor relations in the 21st century is associated with the implementation of remote and hybrid work models. In particular, the COVID-19 pande-

mic has had a significant impact on the global labor market, creating conditions for replacing traditional office-based work mechanisms with flexible and technology-driven new formats. At this stage, many organizati-

ons, in order to ensure continuity of operations, provided their employees with the opportunity to work either from home or in a mixed (hybrid) model.

Until recently, most employers used the hybrid format purposefully, applying it only for certain operations within companies.

The idea of remote work (telecommuting) was first introduced in 1973 by the American specialist and former NASA engineer Jack Nilles. He proposed it as a solution during the oil crisis to reduce traffic congestion and energy consumption. Nilles put forward the idea that people could work remotely via satellite rather than commuting to the workplace.

The hybrid work model, however, dates back even earlier. The development of modern hybrid work is primarily based on the “flexi-time” concept introduced in Germany in the 1960 s. This concept envisaged more flexible start and end times for the working day.

The first theories regarding the economic efficiency of remote and hybrid work models are mainly associated with Jack Nilles’ “telecommuting” concept. His works in the 1970s are considered the first fundamental research in this field.

Jack Nilles explained the economic benefits of remote work through the following aspects:

- Reduction of energy consumption;
- Increase in employee productivity;
- Decrease in office expenses;
- Elimination of commuting costs.

Nilles’ theories were mainly directed at the microeconomic level, that is, at the benefits for individual employees and companies. He presented the “telecommuting” concept as a broader economic model with ecological and social benefits. Hybrid work models, in turn, emerged as a more flexible and modern version of these theories.

Although Ronald Coase in “The Nature of the Firm” (1937) did not directly address remote work, his theory of transaction costs – an economic concept analyzing the costs arising in the process of transferring property

rights from one party to another—was later used to explain the economic advantages of remote work [9, p. 28].

The main idea of the theory is that if transaction costs within the market (management, communication, transportation) can be reduced through technology, the structure of firms may change. Since remote work reduces these costs, it corresponds with Coase’s theory.

Nicholas Bloom empirically determined the impact of remote work on productivity. In 2013, through an experiment conducted at the Chinese company Ctrip by him and his colleagues at Stanford University, it was found that employees working remotely increased their productivity by 13%, employee satisfaction rose, and turnover decreased. As a result, this study became one of the first major academic works to empirically prove the economic and operational benefits of remote work [7, p. 42].

Although Peter Drucker did not provide direct theoretical foundations for remote work, through the concepts of the “knowledge economy” and the “self-managed worker,” he predicted the development of this model in advance. He stated that “in the future, work will not be a place but an activity” – which forms the philosophical basis of remote and hybrid work [10, p. 28].

International experience shows that in the post-pandemic period, remote and hybrid work models have already been accepted not only as temporary measures but also as long-term forms of employment in the labor market. Leading companies operating in the United States, Europe, and Asia – Microsoft, Google, Deloitte, and other multinational organizations – have allowed their employees to work in the office on certain days of the week and from home on others, thereby achieving both increased productivity and higher employee satisfaction. Various research findings also show that these work models create a positive link between employee well-being and organizational efficiency, and necessitate new approaches in human resources management (talent acquisition, motivation,

performance evaluation, preservation of organizational culture, etc.).

In 2021, Anne-Laure Fayard, John Weeks, and Mahwesh Khan published their study “Designing the Hybrid Office” in the Harvard Business Review, proposing the transformation of the workplace into a “cultural space” [5].

Additionally, in the same journal, on February 24, 2021, Mark Mortensen and Martina Haas presented a study titled “Making the Hybrid Workplace Fair” [6].

Microsoft and LinkedIn published their annual Work Trend Index Report for 2021 under the title “The Next Great Disruption Is Hybrid Work – Are We Ready?”. Moreover, the authors of the Work Trend Index prepared various other reports on the subject.

As noted in the Hybrid Offices report, in 2008, only 8% of employees in Europe sometimes worked outside the office. By 2019, this figure had not changed much, reaching only 11%. Currently, one of the regions seeking the fastest transition to this model is the Gulf countries. In the UAE, this indicator stands at 21%, while in Oman and Kuwait it is 14%. All this demonstrates that although hybrid and remote work models are very popular in Western countries, there are still certain difficulties in making a rapid transition to these models.

Analyses show that since the pandemic period, a number of enterprises in the Republic of Azerbaijan have also taken steps toward the application of hybrid and remote work practices. The use of this model in labor relations has created conditions for the efficient utilization of modern technological opportunities and for the more optimal organization of employees’ work–life balance. Within the framework of the amendments prepared in 2019, the concepts of “remote work” and “telework” were incorporated into the Labor Code. These innovations were revised in Articles 4 and 55 of the Code [1].

Furthermore, the State Program on the Implementation of the National Strategy for the Development of the Information Society in the Republic of Azerbaijan for 2016–2020, adopted on September 20, 2016, also envisaged such developments [2].

However, analyses indicate that serious preparatory work is underway in the country regarding the updating of legal and regulatory acts in this field. One of the main reasons hindering the transition to this model both globally and in Azerbaijan is that, along with the many advantages of hybrid and remote work models, there are also certain drawbacks.

These drawbacks affect both individual employees and companies.

Challenges for employees:

- Blurring of boundaries between work and personal life;
  - Social isolation;
  - Both positive and negative stress;
  - Slowing down of career development.
- Challenges for companies:
- Difficulties in monitoring and control;
  - Weakening of team cohesion;
  - Information security risks;
  - Problems related to labor legislation;
  - Additional technology costs, etc.

These challenges require a serious approach for both employees and managers to successfully integrate into this new work model. To address these issues, it is important to establish effective communication channels, train staff capable of maintaining a work–life balance, and invest in technological infrastructure.

As a result of the research, a survey was conducted among more than 100 respondents working in the country to examine their successful integration into the new work model.

The survey considered the gender and age distribution of the participants. The results showed that 80% of respondents were women and 20% were men, which indicates the predominance of female participants in the survey. Analysis of responses by age groups revealed that the majority of respondents belonged to the middle-aged category: 35% were aged 45–54, 25% were aged 25–34, 20% were 55 and older, and the remaining 20% were aged 35–44. These figures demonstrate that the survey mainly covered age groups with work experience actively participating in the labor market.

The main purpose of the survey was to study the attitudes of representatives of different sectors toward the hybrid and remote work regime. The analysis revealed that approximately 60% of participants preferred the hybrid work regime, 25% preferred full remote work, and the remaining 15% favored the traditional office model. The vast majority of respondents emphasized the positive impact of hybrid work on productivity but also noted several challenges. The most frequently cited problems included disruption of work–life balance (45%), weakening of communication with the team (50%), and technical infrastructure issues (40%).

When compared across sectors, it was found that most employees in the IT and finance industries had a more positive view of this model, and favorable opinions were also dominant in the service sector. However, in the public sector, only 38% of participants accepted the advantages of hybrid and remote work, while other respondents primarily highlighted technical difficulties and weak monitoring mechanisms.

At the same time, the survey results showed that 65% of participants generally evaluated the hybrid and remote work model positively. Among them, 54% considered the strengthening of technical infrastructure, particularly high-speed internet and cybersecurity measures, to be essential prerequisites. In addition, 61% of respondents emphasized the necessity of strengthening the climate of trust between employees and employers.

Overall, the survey results confirm that the hybrid and remote work model can be implemented gradually in Azerbaijan. However, for this to happen, improving the legislative framework, strengthening technical infrastructure, and increasing organizational support stand out as crucial conditions. A large proportion of respondents are open to the broader application of this model in the future, and it is possible to conclude that, under the right mechanisms, it could enhance labor productivity and employee motivation.

**Conclusion and recommendations.** Based on the conducted analysis, it can be stated that both hybrid and remote work models are,

individually, strategically important trends in shaping the modern labor market. Global experience also confirms that these models create new opportunities for enterprises in human resources management: the digitalization of recruitment and selection processes, results-based performance management, enhancing employee motivation and engagement, and aligning the legal frameworks of labor relations with contemporary requirements are among the key mechanisms in this regard.

In the Republic of Azerbaijan, certain steps have been taken toward the implementation of hybrid and remote work models; however, their potential has proven to be more effective in the IT and service sectors. In the public sector, the development of e-governance may create conditions for hybrid approaches in the future. It should be noted that improving the regulatory and legal foundations of labor relations, strengthening the climate of trust in employer–employee relations, and further development of technical infrastructure are considered crucial factors for the wider application of this model.

Providing relevant proposals and recommendations related to the research is of current importance, and based on the conducted study and international academic sources, several solution directions and recommendations can be identified:

Improvement of the regulatory and legal framework.

It is necessary to introduce specific provisions regulating remote and hybrid work regimes into the Labor Code of the Republic of Azerbaijan. Clarifying mechanisms related to the measurement of working time and the distribution of responsibilities will not only ensure the protection of employee rights but also guarantee the transparency of employers' management mechanisms.

Strengthening technical infrastructure.

The availability of high-speed internet, digital collaboration platforms, and the development of cybersecurity standards are essential prerequisites for the effective implementation of remote and hybrid work models.

**Results-based performance management.** Traditional evaluation criteria based

on employees' physical presence should be abandoned, and instead, internationally tested methodologies such as KPI (Key Performance Indicators), OKR (Objectives and Key Results), and 360-degree feedback (an excellent method to encourage people, help them achieve business goals, and further develop their strengths) should be applied [11].

Strengthening trust in employee–employer relations.

A climate of mutual trust in remote and hybrid work is a decisive factor for maintaining productivity; thus, transparent HR policies, continuous feedback, and the application of motivation programs are advisable.

**Health and well-being measures.** To reduce the health risks associated with long-term sedentary work, it is important to introduce ergonomic solutions in workplaces, provide employees with opportunities for physical activity, and improve ventilation and lighting conditions in office environments [12].

Specific recommendations for the public and private sectors are as follows:

Implementation of pilot projects

For the public sector: A hybrid work pilot can be applied in ASAN service centers, which provide extensive electronic services, for selected functions such as online document submission and digital consultations.

For the private sector: In banks and insurance companies, a pilot hybrid regime can be tested in departments such as online customer services and report preparation units.

For the education and science sector: Remote meetings and document circulation practices can be tested in university governing bodies and administrative departments.

Monitoring and evaluation of implementation

**Productivity indicators:** Comparison of KPIs and OKRs before and after implementation; volume of work performed per employee.

**Employee satisfaction:** Motivation, work – life balance, and communication quality should be measured through regular (quarterly) surveys.

**Employee turnover:** Statistics on turnover rate, recruitment duration, and loss of competencies.

**Health and well-being:** Employee self-assessment surveys measuring stress levels and work–life balance.

**Assessment and expansion of results.** Pilot projects should be tested over a period of 6–12 months, and the results should be shared with relevant institutions. In sectors where positive results are achieved (IT and financial services), the model can be expanded. In cases where results are unsuccessful (sectors requiring direct customer interaction), the hybrid regime should only be applied in a limited manner.

## REFERENCES

1. Labor Code of the Republic of Azerbaijan, Law No. 618-IQ, dated 01.02.1999.
2. State Program on the Implementation of the National Strategy for the Development of the Information Society in the Republic of Azerbaijan for 2016–2020, adopted on 20.09.2016.
3. Abbasli, P. (2022, May 13). The New Future of Work: Will the Hybrid Work Regime Become More Relevant? Trilogy News.
4. Mustafayeva, T. What is the Hybrid Work Model and How Can Productivity Be Ensured in This Environment? Banco.az.
5. Fayard, A. L., Weeks, J., & Khan, M. (2021, March–April). Designing the Hybrid Office. Harvard Business Review.
6. Haas, M., & Mortensen, M. (2016, June). The Secrets of Great Teamwork. Harvard Business Review.
7. Bloom, N., Han, R., Liang, J., & Yi, Q. (2024). Hybrid Work from Home Works. *Nature*, 616, 258–264.
8. Bloom, N., Liang, J., Roberts, J., & Ying, Z.J. (2015). Does Working from Home Work? Evidence from a Chinese Experiment. *Quarterly Journal of Economics*, 130(1), 165–218.
9. Coase, R. (1937). The Nature of the Firm. In V. M. Galperin (Ed.), *Theory of the Firm*. St. Petersburg: Economic School, 1995, pp. 11–32. ISBN 5-900428-18-4.
10. Drucker, P. (1999). *Management Chal-*

- lenges for the 21st Century. New York: Harper Business, p. 704.
11. Choudhury, P., Khanna, T., & Schirrmann, K. (2022). Is Hybrid Work the Best of Both Worlds? Evidence from a Field Experiment. Harvard Business School Working Paper, 2022-063.
  12. Ekelund, U., Steene-Johannessen, J., Brown, W. J., Fagerland, M. W., Owen, N., Powell, K., Bauman, A., & Lee, I. M. (2016). Does Physical Activity Attenuate, or Even Eliminate, the Detrimental Association of Sitting Time with Mortality? *The Lancet*, 388(10051), 1302–1310.
  13. Dilşad, G., & Güzin, A. (2021). Factors Affecting Work Performance in the Remote Working System During COVID-19: A Case Study on Bank Employees. *Ardahan University Journal of Economics and Administrative Sciences*, 3(2), 128–133.
  14. Kurt Gök, D., et al. (2017). Shift Work and Shift Work Sleep Disorders: Definition, Symptoms and Treatment. *Journal of Turkish Sleep Medicine*, 4, 30–34.
  15. Kara, E. (2020). The COVID-19 Pandemic: Its Effects on the Workforce and Employment Measures. *Eurasian Journal of Researches in Social and Economics (EJRSE)*, 7(5), 269–282.
  16. Kokhova, I. V., & Pryazhnikova, E. Yu. (2025). Adaptive Human Resources Management: Development of Hybrid Motivation Models in Conditions of Labor Market Instability. *The Eurasian Scientific Journal*, 17(2).
  17. Beglin, A. A. (2024). Statistics of Remote Work in the World in 2024. InClient. Retrieved February 25, 2024, from
  18. Bryushina, E. R. (2021, August 18). Remote Work as a Digital Segment of the Labor Market: Problems and Prospects.
  19. Employees Working Remotely: Only Profitable and Safe Methods. *Personnel Officer's Handbook*, 2019, No. 9, pp. 100–106.
  20. Online Resources:
  21. “HR Trends 2025: The Future of the World of Work is Shaping” (Article, October 16, 2024). Retrieved from:
  22. Hybrid Work Models and New Office

- Technologies. Sahibkar TV (December 13, 2024). Retrieved from:
23. Survey Questionnaire Prepared by the Authors of the Article. Retrieved from:

**UCD 33.336**

**<sup>1</sup>Hajiyev J.J., <sup>2</sup>Huseynova K.**

**The impact of hybrid and remote work models on human resources management in azerbaijan**

**ABSTRACT**

The COVID-19 pandemic, as in many other countries, has significantly affected the labor market in Azerbaijan, forcing a transition to remote work and accelerating the adoption of digital technologies, which in turn led to a reconsideration of traditional approaches to work organization. Similar to other countries, the wide application of remote and hybrid work models, which allow employees to perform their duties both from home and from the office, has begun in our country.

The newly implemented work models have affected not only employees' individual productivity but also corporate culture and interactions among colleagues. Furthermore, they have created new opportunities for employers by optimizing office costs and expanding geographic possibilities for attracting specialists. The greater flexibility gained by employees in terms of working time arrangements has made a significant contribution to their productivity. However, the implementation of these new work models has created many new requirements. These include ensuring a reliable digital infrastructure, maintaining employee motivation in a remote working environment, and adapting management approaches to the new reality. In addition, the legal regulation of remote employment and the protection of employee rights have gained particular importance. From this perspective, the research is highly relevant under current conditions and, and remains one of the rela-

tively less explored issues. Thus, the relevance of the topic is explained by two main factors:

The widespread use of hybrid and remote work models in the global labor market;

The increasing opportunities for the application of this practice in modern labor relations in the Republic of Azerbaijan. These features make it necessary to study the topic scientifically from both socio-economic and organizational management perspectives.

**The aim of the research** is to examine the impact of remote and hybrid work models on labor productivity and employee satisfaction under changing working conditions.

**The chosen research methodology** is an analytical approach based on current practices.

**The practical significance of the study** is to provide practical recommendations for human resources management and the effective organization of a hybrid work environment, thereby contributing to management decision-making on a scientific basis.

**The scientific novelty of the study** lies in analyzing the technical, administrative, and psychological aspects of work models for the post-pandemic period and presenting practical solutions for organizations.

**Keywords:** *remote work, hybrid work model, human resources, human resources management, working conditions.*

UOT 33.336

<sup>1</sup>Hacıyev C.C., <sup>2</sup>Hüseynova K.

**Azərbaycanda hibrid və məsafədən iş modellərinin insan resurslarının idarə olunmasına təsiri**

**XÜLASƏ**

COVID-19 pandemiyası bir çox ölkələrdə olduğu kimi Azərbaycanda da əmək bazarına əhəmiyyətli təsir göstərmiş, məsafədən iş rejiminə keçidi zəruri etmiş və rəqəmsal texnologiyaların tətbiqini sürətləndirmişdir ki, bu da öz növbəsində ənənəvi işin təşkilinə ya-

naşmaların yenidən nəzərdən keçirilməsinə səbəb olmuşdur. Digər ölkələrdə olduğu kimi, işçilərin həm evdən, həm də ofisdən vəzifələrini yerinə yetirməsinə imkan verən məsafədən və hibrid iş modellərinin geniş tətbiqinə ölkəmizdə də başlanılmışdır.

Yeni tətbiq olunan iş modelləri tək-cə işçilərin fərdi məhsuldarlığına deyil, həm də korporativ mədəniyyətə və əməkdaşlar arasındakı qarşılıqlı münasibətlərə təsir göstərmişdir. Bundan əlavə, onlar işəgötürənlər üçün ofis xərclərinin optimallaşdırılması və mütəxəssislərin cəlb edilməsi üçün coğrafi imkanların genişləndirilməsi baxımından yeni fürsətlər yaratmışdır. İşçilərin iş vaxtının təşkili baxımından əldə etdikləri daha böyük çeviklik onların məhsuldarlığına mühüm töhfə vermişdir. Bununla belə, bu yeni iş modellərinin tətbiqi bir çox yeni tələblər də yaratmışdır. Bunlara etibarlı rəqəmsal infrastrukturun təmin edilməsi, məsafədən iş mühitində işçi moti-vasiyasının saxlanılması və idarəetmə yanaşmalarının yeni reallığa uyğunlaşdırılması daxildir. Bundan əlavə, məsafədən əmək münasibətlərinin hüquqi tənzimlənməsi və işçi hüquqlarının qorunması xüsusi əhəmiyyət kəsb etmişdir. Bu baxımdan, tədqiqat mövcud şəraitdə olduqca aktualdır və nisbətən az öyrənilmiş məsələlərdən biri olaraq qalır. Beləliklə, mövzunun aktuallığı iki əsas amillə izah olunur:

Hibrid və məsafədən iş modellərinin qlobal əmək bazarında geniş istifadəsi;

Bu praktikanın Azərbaycan Respublikasında müasir əmək münasibətlərində tətbiq imkanlarının artması.

Bu xüsusiyyətlər mövzunun sosial-iqtisadi və təşkilati idarəetmə baxımından elmi tədqiqatını zəruri edir.

**Tədqiqatın məqsədi** dəyişən iş şəraitində məsafədən və hibrid iş modellərinin əmək məhsuldarlığına və işçi məmnuniyyətinə təsirini araşdırmaqdır.

**Seçilmiş tədqiqat metodologiyası** mövcud təcrübələrə əsaslanan analitik yanaşmadır.

**Tədqiqatın praktiki əhəmiyyəti** insan resurslarının idarə edilməsi və hibrid iş mühi-

tinin səmərəli təşkili üçün praktik tövsiyələrin hazırlanmasından ibarətdir ki, bu da idarəetmə qərarlarının elmi əsaslarla qəbul edilməsinə töhfə verəcəkdir.

**Tədqiqatın elmi yeniliyi** pandemiya dan sonrakı dövrdə iş modellərinin texniki, inzi-bati və psixoloji aspektlərinin təhlil olunmasında və təşkilatlar üçün praktik həllərin təq-

dim edilməsindədir.

**Açar sözlər:** məsafədən iş, hibrid iş modeli, insan resursları, insan resurslarının idarə edilməsi, iş şəraiti.

*Məqaləyə AzMİU-nun “Xidmət sahələrinin iqtisadiyyatlı və memnecment” kafedrasının müdiri, prof. A.M. Ağayev rəy vermişdir*

УДК 518.517.944/947

**БАЛАКИШИЕВ Б.Б.**

БГУ

**ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ДИРИХЛЕ С ОСОБЕННОСТЬЮ**

1. Пусть  $D$  односвязная область с кусочно-гладкой границей  $\Gamma$ . Рассмотрим задачу Дирихле для уравнения Пуассона:

$$\begin{matrix} \Delta u = f & \text{в} & D \\ u = \phi(s) & \text{на} & \Gamma \end{matrix} \quad (1)$$

Известно, что если функция имеет разрыв второго рода в вершине угла, то в окрестности этой вершины справедлива асимптотическая формула (см. напр. [1]):

$$u^{(n)} \sim r^{-n},$$

где  $r$  – расстояние от угловой точки,  $n$  – порядок производной. Учитывая эту асимптотику в [2] для погрешности метода сеток в случае пятиточечной разностной схемы получена следующая оценка:

$$\delta_h = \begin{cases} O(h^2), & \text{при } \alpha < \frac{1}{2}, \\ O\left(h^{\frac{1}{\alpha-\varepsilon}}\right), & \text{при } \alpha \geq \frac{1}{2}, \quad \varepsilon > 0, \end{cases}$$

где  $\alpha\pi$  - раствор угла.

В случае, когда непрерывно проходит через вершины углов, для выпуклых ( $\alpha < 1$ ) углов учитывая асимптотику

$$u^{(n)} \sim r^{-(n-1)},$$

получена оценка  $\delta_h = O(h^2)$ ; а для вогнутых ( $\alpha > 1$ ) углов пользуясь асимптотикой

$$u^{(n)} \sim r^{1/\alpha-n} \quad (3)$$

в [3] получена следующая оценка:

$$\delta_h = O\left(h^{2/\alpha-2\varepsilon} r^{-1/\alpha+\varepsilon}\right). \quad (4)$$

Мы перечисляли случаи, когда граничные условия аппроксимируются таким же порядком, как и уравнение, т.е. порядком  $O(h^2)$  в классе гладких решений.

В настоящей заметке рассматривается задача Дирихле в области  $D$ , граница  $\Gamma$  которой состоит из отрезков параллельных координатным осям, причем эти отрезки соизмеримы;  $\phi(s)$ - непрерывная функция длины дуги  $\Gamma$ , т.е. для точного решения верна оценка (3).

2. Выберем  $h_0 > 0$  такое, что квадратная сетка для области  $\bar{D} = D \cup \Gamma$  с шагом  $h, 0 < h \leq h_0$  была согласованная. Множества узлов лежащих в  $D$  и на  $\Gamma$ , обозначим через  $D_h$  и  $\Gamma_h$ , соответственно.

Рассмотрим девяти точечную разностную схему (см. [4], [5]):

$$\left. \begin{aligned} \Delta_h U_h & \equiv \frac{1}{6h^2} \left[ U_{i+1,j+1} + U_{i+1,j-1} + \right. \\ & \left. + U_{i-1,j+1} + U_{i-1,j-1} + 4(U_{i+1,j} + U_{i-1,j} + \right. \\ & \left. + U_{ij+1} + U_{ij-1}) - 20U_{ij} \right] = f_h \quad \text{в } D_h \\ U_h & = \phi_h \quad \text{на } \Gamma_h. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Погрешность  $\delta_h = u - U_h$  приближенного решения является решением задачи:

$$\left. \begin{aligned} \Delta_h \delta_h &= h^4 M_6 \text{ в } D_h, \\ \delta_h &= 0 \text{ на } \Gamma_h, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где  $M_6$  - линейная комбинация шестых производных от  $u$ .

3. Пусть  $z_0$  - произвольная угловая точка, где растор угла равен  $\alpha\pi$ , границы  $\Gamma$  и значение функции  $\varphi$  в точке  $z_0$  обозначим через  $\varphi_0$ .

Следуя технике работы [3] исследованной для пятиточечной схемы доказывається.

**Лемма.** В окрестности  $z_0$ , где выполняется оценка (3) для решения разностной задачи (5) справедлива оценка.

$$U_h - \varphi_0 = O(r^\gamma), \quad (7)$$

где  $0 < \gamma \leq 1/\alpha$ .

На основании Леммы и соотношений (6) учитывая оценку (3) доказывається

**Теорема.** Для погрешности приближенного решения задачи (6) верны оценки:

$$\delta_h = \begin{cases} O(h^{4-2\varepsilon} r^{-2+\varepsilon}) & \text{при } \alpha = 1/2, \\ O(h^{2\alpha-2\varepsilon} r^{-1/\alpha+\varepsilon}) & \text{при } \alpha > 1. \end{cases} \quad (8)$$

4. **Замечание.** Полученный результат показывает, что применяя девяти точечную схему результаты Лаасонена для рассматриваемых нами областей, можно улучшить только для  $\alpha = 1/2$ , т.е. практических расчетах для областей с углами  $\alpha > 1/2$ ,  $\alpha \neq 1$ , не следует усложнять схему. Оценки (8) также подтверждают следующий пример, аналогичный примеру Е.А. Волкова [6]. При решении с помощью девятиточечной схемы задачи Дирихле для уравнения Пуассона в секторе девятиточечной схемы задачи Дирихле для уравнения Пуассона в секторе  $T_\alpha = \{0 < r < 1, |\theta| < \alpha\pi/2\}$ , точным решением которой является функция  $v(x, y) = r^{1/\alpha} \cos \theta / \alpha$ , где  $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ ,  $\theta = \arg(x + iy)$ , погрешность приближенного решения, при  $1/2 < \alpha \leq 2$ ,  $\alpha \neq 1$ ,  $0 < h \leq h_\alpha$ , удовлетворяет неравенству:

$$\max_{(kh, mh) \in T_\alpha} |\delta_h(kh, mh)| > \frac{h^{1/\alpha}}{\alpha} c_0 \left| \frac{1}{\alpha} - 1 \right| c_\alpha^{1/\alpha-8}$$

где  $k, m$  целые,  $c_0, c_\alpha$  положительные постоянные, не зависящие от  $h$ .

5. **Численные расчеты подтверждающие справедливость оценки (7).**

Рассматривается задача (1) и (2) в областях с наибольшими углами  $\pi/2$ ,  $3\pi/2$  и  $2\pi$ , точным решением которой является  $u(x, y) = r^{1/\alpha} \sin \theta / \alpha$ .

Таблица

$\alpha$	n	$\gamma_4$	$\gamma_2$	$\gamma_1$	$\bar{\gamma}$
$\frac{1}{2}$	4	2.022750	2.026772	2.007098	2
$\frac{3}{2}$	5	0.689891	0.671809	0.670012	0.666.....
2	7	0.556704	0.523203	0.509801	0.5

В таблице  $\bar{\gamma}$  ожидаемый результат,  $\gamma_4, \gamma_2, \gamma_1$  - вычислительные значения  $\gamma$  при шагах, изменяющихся в соотношении 4:2:1, а

именно 1/8, 1/16 и 1/32;  $n$  - количество направлений в которых зачислены  $\gamma_j, j=1,2,4$ . Относительно заполнения таблицы см. [7].

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Laasonen P. Ann. Acad. Sci. Fenn AI 241,1-13 (1957)
2. Laasonen P. Ann. Acad. Sci. Fenn AI 246,1 – 19 (1957)
3. Laasonen P. Ann. Acad. Sci. Fenn AI 408, 3- 16 (1967)
4. Вазов В., Форсайт Дж. Разностные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных. М., ИЛ., 1963.
1. Самарский А.А., Андреев В.Б. Разностные методы для эллиптических уравнений. М., Наука, 1976.
2. Волков Е.А. Труды МИАН СССР, 140 (1976) 68-102.
3. Балакишиев Б.Б. В сб. «Приближенные методы решения операторных уравнений». Баку, Изд.АГУ, 1985, с. 17-24.

**Balakishiyev B.B.**

**Numerical solution of Dirikhle problems vvith singularity**

**SUMMARY**

The Dirixle problem for the Puasson equation is considered in the region with the boundary parallel to the coordinate axes.

Given the property of the solution at the corner points, the error of the grid method is estimated. It is shown that the results of the finnish mathematician P. Laasonen can be improved only and only in rectangular regions by means of the eight-point scheme.

**Balakışiyev B.B.**

*BDU*

**Məxsusiyyətə malik Dirixle məsələsinin ədədi həllinə dair**

**XÜLASƏ**

Koordinat oxlarına paralel sərhədə mailik oblastda Puasson tənliyi üçün Dirixle məsələsinə baxılır. Künc nöqtələrində həllin məxsusiyyəti nəzərə alınaraq, şəbəkə üsulunun xətası qiymətləndirilir. Göstərilir ki, fin riyaziyyatçısı P.Laasonenin nəticələrinin yalnız və yalnız düzbucaqlı oblastlarda doqquznöqtəli sxemin vasitəsilə yaxşılaşdırmaq olar.

*Отзыв дал на статью заведующий кафедры «Математические методы прикладного анализа» БГУ, академик М.Ф. Мехтиеv.*

**MÜNDƏRİCAT**

**ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION**

**EKOLOGİYA VƏ ƏTRAF MÜHİTİN MÜHAFİZƏSİ**

<i>Axmedova D.A.</i> Анализ результатов процесса опреснения морской воды экологически эффективным мембранно-дистилляционным методом.....	7
<i>Əzimi M.Z.</i> Betonun xüsusiyyətlərinə təsir edən əsas kimyəvi əlavələr.....	15
<i>Ələsgərov G.A., Məhərrəmov R.E.</i> Hündürmərtəbəli binaların istilik sistemlərinin enerji səmərəliliyinin artırılması üsulu .....	19
<i>Muradov İ.İ., Əliyeva G.R.</i> İqlim dəyişmələrinin Azərbaycan Respublikasındakı su resurslarına təsiri və iqlim dəyişmələrinin qarşısının alınması məqsədi ilə alternativ su mənbələrinin istifadəsi .....	24

**HYDROTECHNICS AND AMENITIES**

**HİDROTEKNİKA VƏ MELİORASIYA**

<i>Həsənov F.H., Hümmətova T.N., Xəlilova A.M.</i> Qız Qalası hidroqovşağı Araz çayının su ehtiyatlarından səmərəli istifadəni təmin edəcək .....	31
<i>Məmmədov Ə.C., Abdullayeva K.Q., Hümmətli A.Q.</i> Səviyyəqaldıran hidrotexniki qurğuların bünövrəsində sızma prosesi əleyhinə tətbiq olunan şpunt çəpərlərin statiki və hidravliki hesablanma metodikaları .....	36
<i>Mammadov A.J., Azizov H.B.</i> Development of an improved methodology for modeling and testing concrete dams under dynamic loads .....	42
<i>Həsənov F.H., Hüseynov İ.Y.</i> Tərtərçayın su ehtiyatlarından səmərəli istifadə olunması istiqamətində həyata keçirilmiş layihələr.....	47
<i>Mahmudova Ü.X., Əhmədova A.F.</i> İqlim dəyişkənliyinin Azərbaycanda su təminatı ilə bağlı yaratdığı problemlər .....	54
<i>Çobanzadə İ.M., Allahverdiyev R.Ə., Dibiroy Ə.M.</i> İri şəhərlərin nəqliyyat problemləri və onların həlli yolları.....	58

**ENGINEERING FACILITIES AND CONSTRUCTION STRUCTURES**

**MÜHƏNDİS QURĞULARI VƏ İNŞAAT KONSTRUKSIYALARI**

<i>Məmmədov N.Y., Əliyeva Ş.R.</i> Binaların enerji səmərəliliyinin artırılma üsulları .....	64
<i>Сеидов Н.Г., Гулиева Л.З.</i> Рекомендации по повышению устойчивости железобетонных конструкций с усилением .....	68
<i>Cavadova M.M., Uruşanov K.N.</i> Elektrik ötürücü xətlərində iqtisadi kəşişmə dəyərinin təhlili .....	75
<i>Ələsgərov G.A., Əhmədova X.V.</i> Müasir dövrdə alternativ enerji mənbələrinin rolu .....	77
<i>Hajiyev J.J., Hüseynova K.Ch.</i> The impact of hybrid and remote work models on human resources management in Azerbaijan .....	81
<i>Балакишиев Б.Б.</i> Численное решение задач Дирихле с особенностью .....	88