

## ГИДРОМЕТРИЯЛЫҚ ДӨҢГЕЛЕКТЕРДІ ТЕКСЕРУГЕ АРНАЛҒАН КОМПАРАТОРЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫНЫ ЖЕТІЛДІРУ

АНДАТПА

Мақалада су ағынының жылдамдығын өлшеуге арналған гидрометриялық вертушкаларды тексеруге арналған компараторлық қондырғыны жетілдіру мәселесі қарастырылады. Жұмыстың негізгі мақсаты – тасымалдау кезіндегі зақымдау қаупін азайтуға, шығындарды оңтайландыруға және деректердің дәлдігін арттыруға қабілетті мобильді компараторлық қондырғыны әзірлеу және теориялық негіздеу. Гидрометриялық вертушкалардың (ГР-21, ГР-55, ИСПВ-ГР-21М1) сипаттамалары мен тексеру әдістеріне талдау жасалды. Нәтижелер мобильді қондырғыны енгізу шығындарды едәуір азайтуға және өлшеу дәлдігін арттыруға мүмкіндік беретінін көрсетеді, бұл РГП «Казгидромет» метрологиялық қамтамасыз ету жұмысын жақсартуға практикалық маңызы бар.

**Түйін сөздер:** гидрометриялық вертушкалар, компараторлық қондырғы, тексеру, калибрлеу, метрологиялық қамтамасыз ету.

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМПАРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОВЕРКИ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ ВЕРТУШЕК

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается усовершенствование компараторной установки для поверки гидрометрических вертушек, используемых для измерения скорости потока воды. Основная цель работы – разработка и теоретическое обоснование мобильной компараторной установки, способной снизить риски повреждения вертушек при транспортировке, оптимизировать затраты и повысить точность данных. Проведен анализ характеристик и методов эксплуатации гидрометрических вертушек (ГР-21, ГР-55, ИСПВ-ГР-21М1) и методик поверки. Результаты показывают, что внедрение мобильной установки позволит существенно сократить затраты и повысить точность измерений, что имеет практическую ценность для улучшения метрологического обеспечения РГП «Казгидромет».

**Ключевые слова:** гидрометрические вертушки, компараторная установка, поверка, калибровка, метрологическое обеспечение.

## IMPROVEMENT OF THE COMPARATOR INSTALLATION FOR VERIFICATION OF HYDROMETRIC TURNTABLES

ANNOTATION

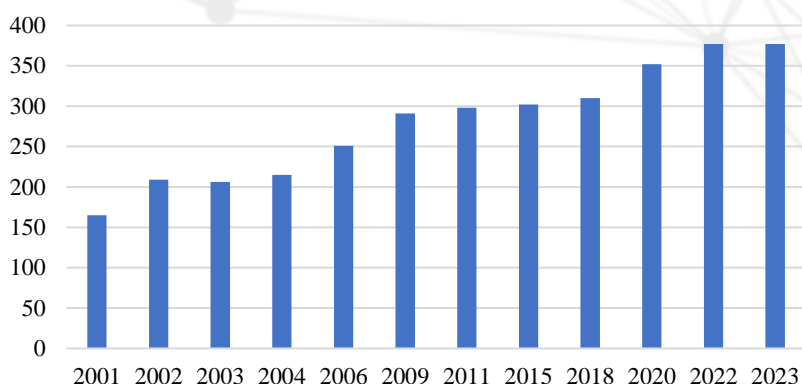
This article addresses the improvement of the comparator setup for calibrating hydrometric turntables used in measuring water flow velocity. The primary goal is to develop and theoretically substantiate a mobile comparator setup that minimizes damage risk during transportation, optimizes costs, and increases data accuracy. An analysis of hydrometric turntables (GR-21, GR-55, ISPV-GR-21M1) and calibration methodologies was conducted. Results indicate that implementing a mobile setup can significantly reduce costs and enhance measurement accuracy, providing practical value for improving the metrological support of RGP «Kazhydromet».

**Key words:** hydrometric turntables, comparator setup, calibration, metrological support.



## Введение

С 2004 года гидрологическая сеть Казахстана начала активно развиваться после периода сокращения, вызванного нехваткой финансирования в конце XX века. Начиная с 2001 года, когда гидрологическая служба получила дополнительное развитие, количество гидропостов увеличилось более чем в два раза – с 165 до 377 к 2023 году (Рисунок 1).



■ Рисунок 1 – Количество гидропостов

Как показано на диаграмме, такой рост отражает активные усилия, направленные на улучшение мониторинга водных ресурсов и повышения точности данных по состоянию поверхностных вод в Казахстане. Это расширение стало возможным благодаря поддержке и развитию государственной политики в области мониторинга поверхностных вод, что позволило значительно улучшить контроль и анализ гидрологических данных на всей территории страны.

Гидрологический пост – это пункт, расположенный на водном объекте и оснащенный приборами и устройствами для проведения регулярных гидрологических наблюдений [1].

Рост количества гидропостов свидетельствует о важности качественного мониторинга водных ресурсов в условиях меняющегося климата и возрастающих потребностей в точных гидрологических данных для устойчивого управления водными ресурсами. Гидрологический мониторинг способствует не только защите экосистем, но и созданию устойчивой базы данных, необходимой для прогнозирования паводков, засух и других экстремальных явлений.

Гидрологическая сеть РГП «Казгидромет» представляет собой разветвленную систему наблюдательных пунктов, предназначенную для комплексного мониторинга поверхностных вод на территории Казахстана. В настоящее время гидрологический мониторинг осуществляется на 377 постах, из которых 329 предназначены для наблюдения за реками, 38 – за озерами, и 10 постов

расположены на морских станциях. Такая структура сети позволяет охватывать различные типы водных объектов, обеспечивая высокую степень детализации и точности в сборе гидрологических данных. Эти данные являются критически важными для анализа гидрологических процессов, прогноза водного режима и разработки стратегий рационального использования водных ресурсов, а также для обеспечения безопасности в условиях нарастающей климатической изменчивости.

Основным направлением выполняемых работ является измерение расходов воды и контроль водного режима рек, озер и морей, что обеспечивает получение актуальных данных о состоянии водных ресурсов страны. Периодичность наблюдений зависит от сезона: в меженный период проводится одно измерение каждые 7-10 суток, что составляет три измерения в месяц, тогда как в паводковый период частота наблюдений увеличивается до 5-6 раз на подъеме воды и 5-8 раз на спаде половодья. Для осуществления данных измерений используются гидрометрические вертушки, которые позволяют определить скорость течения воды, а также акустические доплеровские профилографы, обеспечивающие высокоточные измерения потока воды.

Изучением водного стока рек и временных водотоков занимались различные учреждения и ведомства, однако наиболее регулярные и качественные наблюдения проводят гидропосты РГП «Казгидромет». Учитывая разнообразие ландшафтов на территории страны, гидрологические посты РГП «Казгидромет» оснащены всеми видами гидрометрических переправ, что позволяет адаптироваться к условиям местности и обеспечивать точные данные о гидрологических параметрах.

Характеристики годового водного стока рек впервые были обобщены в исследованиях Б.Д. Зайкова [2]. В дальнейшем нормы годового стока рек для различных целей в пределах зоны формирования стока уточнялись и дополнялись работами В.Л. Шульца [3], П.Ф. Лаврентьева, В.В. Голубцова, Е.Г. Юриной [4], И.С. Соседова [5] и других исследователей.

Гидрометрическая вертушка представляет собой средство измерений, в основе действия которого лежит функциональная зависимость между скоростью течения воды и частотой вращения лопастей винта устройства. Однако существующие методы поверки этих приборов обладают рядом ограничений.



На сегодняшний день в Республике Казахстан поверка гидрометрических вертушек осуществляется централизованно в лаборатории РГП «Казгидромет» в г. Алматы. В процессе поверки вертушки снимаются с точек наблюдений и транспортируются в лабораторию, что сопряжено с рисками повреждений при транспортировке, значительными финансовыми затратами и потерей времени. Такая централизованная система поверки создает сложности для филиалов, расположенных в удаленных регионах, и приводит к необходимости использования резервного оборудования на время поверки.

Актуальность исследования обусловлена потребностью в создании мобильной компараторной установки, которая позволит проводить поверку гидрометрических вертушек непосредственно на местах их эксплуатации. Разработка мобильной метрологической системы, включающей компараторную установку, способна существенно повысить оперативность поверки, уменьшить эксплуатационные расходы и минимизировать вероятность повреждения оборудования. Введение такой установки также позволит улучшить воспроизводимость результатов измерений и повысить точность передачи значений гидрометрических параметров.

Целью настоящего исследования является теоретическое обоснование и разработка мобильной компараторной установки для поверки гидрометрических вертушек, ориентированной на повышение точности, надежности и экономической эффективности метрологического обслуживания. Работа включает анализ конструктивных и метрологических характеристик моделей вертушек, таких как ГР-21, ГР-55 и ИСПВ-ГР-21М1.

### Материалы и методы

Гидрологическая сеть РГП «Казгидромет» проводит наблюдения с помощью современных, проверенных приборов, таких как ИСПВ ГР-21М1 и акустические доплеровские профилографы (расходомеры), которые автоматически рассчитывают скорость и расход воды (Рисунок 2).



Рисунок 2 – Модель вертушки ИСПВ ГР-21М1

Кроме того, используются и другие модели приборов, представленные ниже, которые также доказали свою эффективность и надежность в условиях разнообразных ландшафтов Казахстана. Гидрологические посты, оснащенные этими устройствами, обеспечивают высокую точность данных, что является ключевым фактором для эффективного мониторинга и управления водными ресурсами страны (Таблица 1).

Параметр	ГР-21М	ИСПВ-ГР-21М1	ГР-55
Диапазон измерения скорости	0,05 – 2,500 м/с	0,04 – 5,0 м/с	0,06 – 5 м/с
Относительная погрешность измерений	{1,5 + 0,5*(5,0/V-1)}	-	±2%
Вес	1,5 кг	1,4 кг	6 кг
Габариты (мм)	115x90x48	120x285 или 120x540	320x210x210
Рекомендуемый диапазон температуры	-20...+40 °С (рабочий диапазон)	-20... +40 °С (рабочий диапазон)	-
Средняя стоимость (тенге)	759,800	772,900	770,950

Таблица 1 – Сводная таблица технических характеристик и средней стоимости гидрометрических вертушек

Эта сводная таблица предоставляет основные технические характеристики и среднюю стоимость гидрометрических вертушек ГР-21М, ИСПВ-ГР-21М1 и ГР-55. В таблице указаны диапазоны измерения скорости, погрешность, вес, габариты и температурные диапазоны для каждой модели, а также их средняя стоимость. Таблица позволяет легко сравнить основные параметры приборов и определить, что ГР-55 является самой дорогой моделью, что может быть значимым фактором при выборе оборудования для конкретных нужд.

Как видно из данных таблицы, в данном исследовании применялись гидрометрические вертушки моделей ГР-21, ГР-55 и ИСПВ-ГР-21М1, которые используются в Казахстане для мониторинга гидрологических показателей в реках и водоемах. Данные модели были выбраны исходя из их широкого применения и значимости для точного измерения скорости течений. Описание характеристик материалов, таких как диапазон измеряемых скоростей и допустимая погрешность, позволило обеспечить достоверность выводов. В стационарных условиях поверка и калибровка гидрометрических вертушек проводится с использованием специализированного оборудования, обеспечивающего контрольные измерения в условиях лаборатории.

Перед началом поверки вертушка проходит визуальный осмотр для проверки целостности и исправности, после чего устанавливается на поверочный стенд. В лаборатории поток воды контролируется с помощью гидравлического лотка или резервуара, в котором можно задавать различные скорости для имитации реальных условий эксплуатации. Для обеспечения точности поверки используются эталонные приборы, заранее калиброванные в соответствии со стандартами РГП «КазИнМетр». Это оборудование позволяет проводить сравнение показаний вертушки с эталонными значениями, что необходимо для оценки точности и надежности её работы. Поверка проводится путем установки вертушки в поток воды, измерения скорости вращения её лопастей и последующего сравнения результатов с эталонными данными. В случае выявления отклонений от допустимых пределов, проводится калибровка, включающая настройку механизмов лопастей или системы подсчета оборотов. После калибровки контрольные измерения повторяются для подтверждения соответствия установленным нормам точности. Завершающим этапом является оформление акта поверки с результатами измерений и информацией о допущенных погрешностях, который передается в РГП «Казгидромет».

Для повышения эффективности и оптимизации процесса поверки разрабатывается методология усовершенствования компараторной установки, ориентированная на её использование в полевых условиях. В мобильной версии компараторной установки предусматриваются изменения, позволяющие проводить поверку непосредственно на местах эксплуатации вертушек, что значительно сокращает время и затраты на транспортировку. Конструкция установки адаптируется для компактного размещения в автомобиле и обеспечивает возможность создания стабильного потока воды для проведения измерений. Установка оснащается системой автономного питания от аккумуляторов или подключается к автомобильному источнику энергии, что делает её независимой от стационарных условий.

Для повышения точности в мобильной установке используются акустические доплеровские профилографы, обеспечивающие автоматическое измерение скорости потока и запись данных. Встроенное программное обеспечение позволяет анализировать результаты измерений на месте, а в случае необходимости оперативно выполнить калибровку. Данные сохраняются в цифровом

формате и могут быть немедленно отправлены в центральную базу данных Казгидромета для дальнейшего анализа и учета. После завершения полевой поверки система автоматически генерирует отчет, включающий все необходимые данные о результатах измерений и выявленных погрешностях. Мобильная компараторная установка может быстро перемещаться между различными гидрологическими постами, обеспечивая более высокую эффективность по сравнению со стационарными методами поверки. Таким образом, предложенная методология усовершенствования компараторной установки позволяет значительно улучшить процесс поверки гидрометрических вертушек, повышая точность и надежность данных, что важно для устойчивого управления водными ресурсами Казахстана.

Методы исследования включали экспериментальные испытания, моделирование процессов поверки и анализ показателей точности. Для обеспечения достоверности выводов использовались методы наблюдения, анализа и сравнения данных.

В данной исследовательской работе применялся комплекс качественных и количественных методов, включая методологию причинно-следственных связей, которая позволила собрать актуальные данные и провести анализ их практического применения. Научная методология исследования включала несколько важных этапов. Во-первых, основным вопросом исследования было определение эффективности и экономической целесообразности использования мобильной компараторной установки для поверки гидрометрических вертушек, в отличие от существующей практики поверки в стационарной лаборатории. Гипотеза исследования предполагала, что внедрение мобильной компараторной установки позволит сократить затраты, минимизировать риск повреждения при транспортировке и повысить точность измерений.

### Результаты и обсуждение

В результате проведенного теоретического исследования было подтверждено, что внедрение мобильной компараторной установки для поверки гидрометрических вертушек могло бы существенно сократить затраты и повысить эффективность процесса поверки. На данном этапе исследование основывается на анализе возможностей и предполагаемых преимуществ мобильной установки, однако её практическая реализация и испытания еще не проводились.



Анализ текущих затрат на поверку в стационарных условиях показал, что основными статьями расходов являются транспортировка вертушек в лабораторию РГП «Казгидромет» в Алматы, а также затраты на аренду лабораторного оборудования и возможные ремонты в случае повреждений при транспортировке. В таблице ниже представлено сравнение предполагаемых затрат для мобильной установки по сравнению с существующей стационарной методикой (Таблица 2).

■ **Таблица 2** – Гипотетическая таблица затрат на поверку гидрометрических вертушек

Категория затрат <sup>3</sup>	Количество единиц/поездок в год	Текущий метод (годовой, тенге)	Риск (текущий метод)	Передвижная компараторная установка (годовой, тенге)	Риск (передвижная установка)	Экономия (тенге)
Транспортные расходы (любой другой город)	1 поездка	209,740	Высокий	50,350	Умеренный	159,400
Амортизация компаратора	1	150,180	Низкий	71,590	Низкий	78,590
Амортизация транспортного средства	1 поездка	48,100	Умеренный	10,380	Низкий	37,720
Расходы на персонал	1 специалист	96,560	Низкий	81,380	Низкий	15,180
Прочие операционные затраты	-	81,780	Низкий	38,200	Низкий	43,580
Дополнительные расходы на переезды	1 поездка	29,530	Высокий	-	-	29,530
Дополнительные расходы на замену поврежденных вертушек	-	В зависимости от числа повреждений (например, 750,000 тенге за одну поврежденную вертушку)	Высокий	-	Низкий	до 750,000 за вертушку
Общая стоимость поверки одной вертушки	-	615,890	-	251,900	-	363,990+ потенциальная экономия
	1*750,000 за поврежденную вертушку					

Данная таблица сравнивает затраты на поверку гидрометрических вертушек между текущим методом (транспортировка в Алматы) и использованием передвижной компараторной установки, которая позволяет проводить поверку на месте. Это сокращает транспортные и операционные расходы и снижает риск повреждения оборудования.

Рассмотрение данной теоретической модели демонстрирует, что переход к мобильной установке мог бы существенно снизить расходы на поверку за счет исключения затрат на транспортировку и аренду лаборатории. Снижение риска повреждения вертушек при транспортировке также потенциально повысило бы долговечность оборудования и сократило расходы на ремонт и замену.

Несмотря на отсутствие практической реализации, теоретический анализ показывает, что разработка мобильной компараторной установки для поверки гидрометрических вертушек имеет высокую экономическую целесообразность. Дальнейшие исследования и разработка прототипа мобильной установки позволили бы подтвердить эти выводы на практике и способствовали бы более оперативному и экономически выгодному проведению поверочных работ на территории Казахстана.

Пути минимизации негативных последствий перехода на новую методику

**Для минимизации негативных последствий при переходе на новую методику поверки гидрометрических вертушек рекомендуется следующее:**

- 1. Проведение пилотного тестирования на ограниченном количестве ключевых гидрологических постов, где можно будет оценить эффективность мобильной компараторной установки, выявить возможные технические и эксплуатационные недостатки, а

также внести необходимые коррективы до её полного внедрения.

- 2. Обучение сотрудников, которые будут работать с новой установкой, с целью подготовки их к эксплуатации оборудования в полевых условиях, включая возможные неисправности и способы их устранения.
- 3. Организация регулярного технического обслуживания мобильной компараторной установки, что обеспечит её надежность и поддержание высокой точности измерений.

### Заключение

Проведенное теоретическое исследование подтвердило, что мобильная компараторная установка для поверки гидрометрических вертушек способна существенно снизить затраты, сократить время поверки и уменьшить риски повреждения оборудования при транспортировке. Мобильная установка позволяет проводить поверку непосредственно на местах эксплуатации, что особенно актуально для Казахстана, учитывая его обширную территорию и удаленность многих гидрологических постов.



Практическое значение такой установки для Казахстана заключается в возможности значительно улучшить метрологическое обеспечение гидрологических измерений, обеспечив более высокую точность и оперативность данных. Это также позволит расширить охват и улучшить качество мониторинга водных ресурсов в удаленных и труднодоступных районах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Республиканское государственное предприятие «Казгидромет». Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши, 2001 г., Часть 1 / Ответственный редактор **И.Н. Охота**.
2. **Зайков Б.Д.** Средний сток и его распределение в году по территории СССР // Тр.НИУ ГУГМС. Сер. IV. – Л.–М.: Гидрометеиздат, 1946. – С. 5-20.
3. **Шульц В.Л.** Реки Средней Азии. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 691 с.
4. **Лаврентьев П.Ф., Голубцов В.В., Юрина Е.Г.** Средний сток и его колебания в басс. озер Балхаш – Алакольской впадины // Тр. КазНИГМИ. – 1963. – С. 3-28.
5. **Соседов И.С.** Методика территориальных воднобалансовых обобщений в горах. – Алма-Ата: Наука, 1976. – 150 с.