

Код МРНТИ 36.01.81

М.Б. Нурпенсова, *Б. Мынгжасаров, Д.М. Киргизбаева, Т.Б. Нурпенсова
Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

АКТУАЛЬНОСТЬ СТАДИИ ПОДГОТОВКИ GNSS НАБЛЮДЕНИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ

Аннотация. Планирование GNSS измерений играет важную роль в обеспечении высокой точности получаемых данных. Но на практике не всегда получается заранее спланировать весь процесс работ, и приходится действовать по обстоятельствам. Например, при создании и развитии опорной сети, расположение и время измерений точек сети не всегда сходятся с «правильными принципами» построения опорной сети. К этим «принципиальным» моментам можно отнести правильную геометрию сети, выбор оптимального времени суток для измерений с учетом альманахов, атмосферные явления, влияющие на сами измерения, выбор места расположения станции, которая будет минимально подвержена отражению или же доступности сигнала. Несмотря на эти сложности, тщательная организация и оперативное реагирование на изменяющиеся условия позволяют добиться необходимых результатов.

Ключевые слова: GNSS, DOP, PDOP, искусственные спутники Земли, планирование наблюдений.

Қолданбалы мәселелерді орындауда GNSS бақылауын дайындау кезеңінің өзектілігі

Аңдатпа. GNSS өлшемдерін жоспарлау алынған мәліметтердің жоғары дәлдігін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Бірақ іс жүзінде барлық жұмыс процесін алдын-ала жоспарлау әрқашан мүмкін емес және мұнда жағдайларға сәйкес әрекет етуіңіз керек. Мысалы, негізгі желіні құру және дамыту кезінде желі нүктелерінің орны мен өлшеу уақыты әрқашан негізгі желіні құрудың «дұрыс принциптерімен» сәйкес келе бермейді. Бұл «іргелі» нүктелерге желінің дұрыс геометриясы, альманахтарды ескере отырып өлшеулер үшін тәуліктің оңтайлы уақытын таңдау, өлшемдерге әсер ететін атмосфералық құбылыстар, осындай шағылысуларға ең аз сезімтал болатын станция орнын таңдау немесе сигналдың қолжетімділігін жатқызуга болады. Осы қиындықтарға қарамастан, мұқият ұйымдастыру және өзгертін жағдайларға жылдам әрекет ету қажетті нәтижелерге қол жеткізе алады.

Түйінді сөздер: GNSS, DOP, PDOP; Жердің жасанды серіктері, өлшеулер уақытын қадағалау.

Relevance of the GNSS observation preparation stage in solving applied tasks

Abstract. Planning GNSS measurements plays a crucial role in ensuring the high accuracy of the data obtained. However, in practice, it is not always possible to plan the entire workflow in advance, and one has to adapt to circumstances. For instance, when creating and developing a reference network, the location and timing of network point measurements do not always align with the «correct principles» of reference network construction. These «principled» aspects include proper network geometry, selecting the optimal time of day for measurements based on almanacs, atmospheric phenomena affecting the measurements, and choosing a station location that minimizes signal reflections or ensures signal accessibility. Despite these challenges, through organization and prompt adaptation to changing conditions allow achieving the desired results.

Key words: GNSS, DOP, PDOP; artificial Earth satellites; observation planning.

Введение

Перед началом любого капитального строительства делается геодезическая разбивочная основа (ГРО). Это разметка специальных точек с точными координатами и высотами. В дальнейшем опорная сеть используется для межевания, строительства и создания карт. В строительстве создание ГРО необходимо для правильного и точного возведения зданий. С помощью нее определяют расположение строений на плане, а также их габариты и формы. После этого расставляются опорные точки, а уже после закрепляются пункты. В конце работ составляется акт, который является важной частью проектно-строительной документации. Без него строительные работы не начинают.

Методы/исследования

Для исследования значимости этапа планирования наблюдений были использованы данные проведенных статистических измерений при развитии ГРО Капшагайской гидроэлектростанции. Гидроэнергетика представляет собой значимый сектор стратегии Казахстана по диверсификации всего энергетического направления страны. В этом контексте особенно интересна Капшагайская ГЭС – единственная гидроэлектростанция на реке Или.

Строительство Капшагайской ГЭС было необходимо для обеспечения развивающегося города Алматы и ее городов-спутников недорогой электроэнергией. А в настоящее время она стала важным фактором в развитии города Конаева, способствуя формированию коммунальной, образовательной, медицинской и культурной инфраструктур. Интенсивное развитие города Кунаева, выражающееся в изменении его планировки, появлением новых крупных

объектов и сооружений, а также безопасной эксплуатации таких стратегических и ответственных инженерных сооружений, как Капшагайская ГЭС, достигается проведением геодезического мониторинга.

Ранее для выполнения строительных работ на территории Капшагайской ГЭС была создана геодезическая основа. В первом случае измерения осуществлялись в тщательно выбранный момент, с учетом анализа альманаха спутников и при благоприятных погодных условиях. Во втором случае измерения проводились на следующий день в условиях дождливой погоды, при этом рядом работала буровая машина, что могло создавать помехи и отражения сигнала.

Влияние планирования на конечную точность данных GNSS может быть значительным и включает в себя следующие аспекты:

- *выбор оптимального набора спутников с учетом их расположения на небе, геометрии конфигурации и степени ослабления сигнала позволяет улучшить точность позиционирования;*

- *планирование также включает выбор времени, в течение которого будут проводиться измерения. Некоторые временные интервалы могут быть более благоприятными для измерений, чем другие, например, избегание периодов с сильными солнечными вспышками или сильными геомагнитными бурями, которые могут существенно влиять на качество сигнала;*

- *местоположение приемника GNSS важно для обеспечения высокой точности данных. Учитываются факторы, такие как видимость спутников, препятствия в виде зданий или рельефа местности, которые могут затруднить получение сигнала;*

- учет атмосферных условий, таких как ионосферные эффекты или атмосферные искажения сигнала могут влиять на точность данных GNSS. Принятие этих факторов позволяет корректировать измерения и повышать точность получаемых результатов [1-3].

Для оптимального планирования GNSS измерений необходимо выбрать конкретную дату и время с учетом параметра «снижения точности» (PDOP). Учитывая, что полный оборот спутников GNSS вокруг Земли занимает около 12 часов, их расположение на небесной сфере постоянно меняется. Поэтому для точного планирования необходимо указать точную дату и время проведения измерений. Полученные результаты будут актуальны в течение нескольких дней (до одной недели), после чего рекомендуется обновление альманаха и повторное планирование [4].

Основным параметром для оценки наилучшего времени для проведения GNSS измерений является параметр PDOP (параметр «снижения точности» – Position Dilution Of Precision). Фактор (параметр) снижения точности DOP – геометрический фактор качества обратной пространственной засечки. DOP зависит от взаимного расположения спутников и приемника. DOP – это увеличительный фактор, который преобразует шум спутниковых измерений в шум конечного решения. Чем ниже DOP, тем более точное решение (координаты). Чем выше DOP, тем менее точные координаты. Также DOP зависит от геометрического расположения спутников относительно наблюдаемых объектов (рис. 1).

Дополнительно следует учитывать важность корректной настройки оборудования и калибровки приемника перед проведением измерений. Неправильно откалиброванный приемник может стать источником систематической ошибки, которая существенно повлияет на точность результата. Калибровка фазового центра антенны и учет изменений в характеристиках приемника важны для минимизации источников ошибок и улучшения качества данных [5].

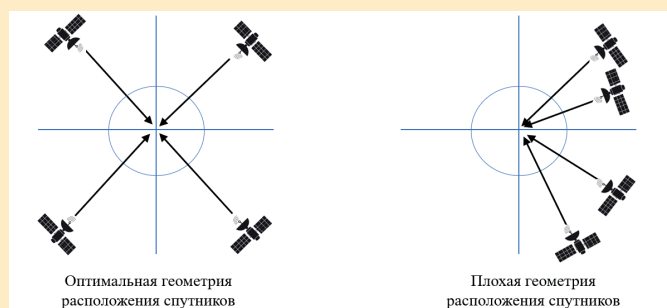


Рис. 1. Иллюстрация расположения навигационных спутников относительно наблюдаемого пункта.

Сурет 1. Бақыланатын нүктеге қатысты навигациялық спутниктердің орналасуының иллюстрациясы.

Figure 1. Illustration of the positioning of navigation satellites relative to the observation point.

Значение параметра PDOP обычно сильно зависит от количества наблюдаемых спутников и при большом их числе, как правило, PDOP мал и это время оптимально

для проведения GNSS измерений. На сегодняшний день, PDOP обычно находится в пределах $1 < PDOP < 3$, что обусловливается большим количеством спутников. По состоянию на конец июня 2023 года в эксплуатации находилось 46 спутников BeiDou, при этом сеть GPS насчитывала всего 31 аппарат, навигационная система Европы – 25 спутников, а российская ГЛОНАСС – 24. В Японии действует 4 локальных спутника, а в Индии – 6. Соответственно, если приемник может обработать данные вышеназванных созвездий, в среднем, в любое время суток мы можем наблюдать более 20-ти спутников [6].

Обе фазы измерений были проведены в начале июня 2024 года. При первой фазе с помощью онлайн сервиса Trimble GNSS Planning и по метеоисводкам было выбрано точное время начала измерений. Поскольку период обращения GNSS спутников вокруг Земли составляет около 12 часов, то с помощью вышеназванного сервиса был выбран период, при котором максимальное количество спутников были наблюдаемы на протяжении более двух часов (рис. 2).

Здесь также стоит учесть маску возвышения, так как на низких углах качество сигнала спутников деградирует. Соответственно здесь нужно найти баланс между максимально возможным количеством спутников и качеством принимаемого сигнала. В любом случае, при обработке мы можем отсеять некачественные наблюдения [7]. На запланированный период небосвод был как на рис. 2.

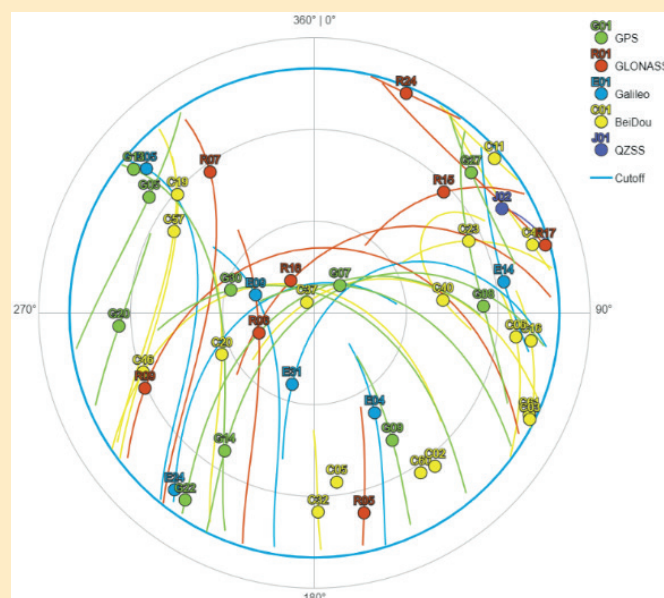


Рис. 2. Небосвод на начало первой сессии наблюдений. Сурет 2. Бірінші бақылау сессиясының басындағы аспан.

Figure 2. The sky view at the beginning of the first observation session.

Первый шестичасовой сеанс статики был проведен в благоприятную солнечную погоду, рядом с наблюдаемыми пунктами не было никаких мешающих наблюдениям предметов, таких как здания и крупная техника, только равнинная местность. Поэтому параметры снижения точности находятся на минимальном уровне (рис. 3).

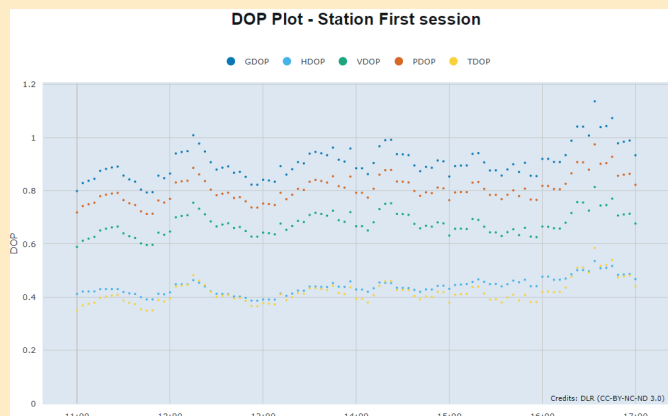


Рис. 3. Значение DOP на весь период первой сессии наблюдений.

Сурет 3. Бірінші бақылау сеансының бүкіл кезеңі үшін DOP мәні.

Figure 3. DOP values during the entire period of the first observation session.

Результаты

При первичной обработке в ПО Trimble Business Center не обнаружилось никаких ошибок, все полученные значения ошибок в пределах допусков прибора, и эталонное эллипсоидальное расстояние в 10 км между базисными пунктами показало разницу всего в 3 мм (таблица 1).

Таблица 1

Результаты обработки базовой линии первой сессии наблюдений

Кесте 1

Бірінші бақылау сессиясының базалық көрсеткіштерін өңдеу нәтижелері

Table 1

Results of processing the baselines of the first observation session

Заклучение по обработке

Измерение	От	До	Тип решения	П. Точн.	В. Точн.	Геод. аз.	Элл.	ДВысота
220 --- 126.3	220	126.3	Фиксированно	0.0005	0.014	128°00'56"	10652.982	-93.964

Референцное значение 10652.979

Во втором сеансе измерений, проведенном на следующий день в ранние утренние часы, отсутствовала предварительная подготовка. Погодные условия были неблагоприятными, с облачной погодой и легкими осадками. Рядом с точкой 126.3 на расстоянии шестнадцати метров проводились буровые работы, что тоже могло сказаться на качестве наблюдений. Длительность сессии составила шесть часов, в течение которых были проведены наблюдения на еще двух новых пунктах [8].

Если судить по состоянию и количеству спутников на начало наблюдений, то становится понятным то, зачем нужно заранее планировать наблюдения. Как видно из рис. 4, количество и плотность спутников меньше, геометрия также неравномерна.

Значения параметров снижения точности тоже показывают относительно высокие показатели сравнительно с первой сессией. В первом случае, PDOP в течение всего сеанса не поднимался выше значения 1, а во втором случае

PDOP находится между $1 < PDOP < 1.2$ (рис. 5).

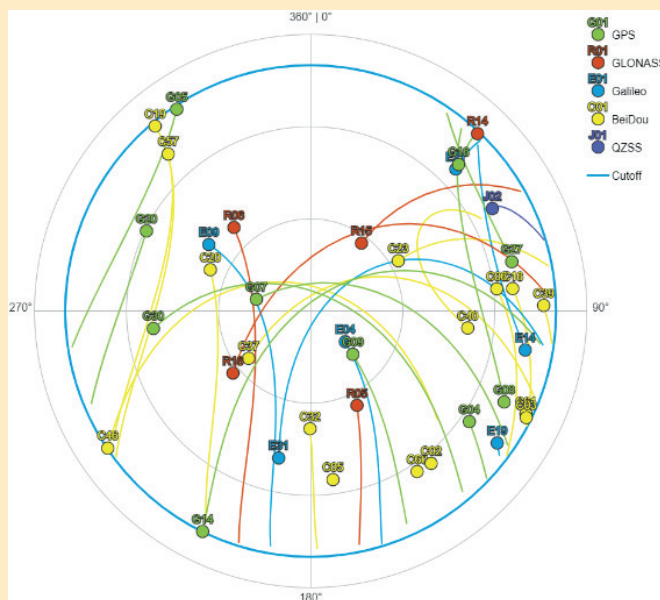


Рис. 4. Небосвод на начало второй сессии наблюдений.

Сурет 4. Екінші бақылау сессиясының басындағы аспан.

Figure 4. The sky view at the beginning of the second observation session.

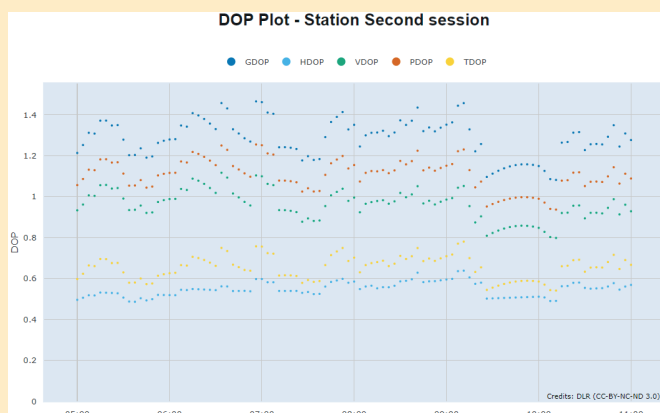


Рис. 5. Значение DOP на весь период второй сессии наблюдений.

Сурет 5. Екінші бақылау сеансының бүкіл кезеңі үшін DOP мәні.

Figure 5. DOP values during the entire period of the second observation session.

После обработки результатов наблюдений получаем данные (таблица 2).

Результаты обработки базовой линии между пунктами сходятся с результатами первой сессии, разница в расстоянии составляет всего 1 мм с исходными данными 4 мм.

Обсуждение результатов

Таким образом, на этих наблюдениях установлено, что планирование измерений и геометрия расположения спутников не играет основную роль в получении точных результатов. Это, возможно, связано с увеличением количе-

Таблица 2
Результаты обработки базовой линии второй сессии наблюдений

Кесте 2
Екінші бақылау сессиясының базалық көрсеткіштерін өңдеу нәтижелері

Table 2
Results of processing the baselines of the second observation session

Заклучение по обработке

Измерение	От	До	Тип решения	П. Точн.	В. Точн.	Геод. аз.	Элл.	ДВысота
220 --- 126.3	220	126.3	Фиксированно	0.007	0.017	128°00'56"	10652.983	-93.943

Референсное значение 10652.979

ства спутников и улучшением характеристик самих GNSS приемников. Ведь за последнее десятилетие, с введением в эксплуатацию четырех новых систем Galileo и BeiDou, также QZSS и IRNSS, количество спутников увеличилось больше чем в два раза. Если принимать в расчет, что для точной навигации нам требуется минимум 4 спутника, то сейчас при GNSS наблюдениях продолжительностью от четырех часов, GNSS приемник обрабатывает больше 30 спутников, что положительным образом сказывается на точности получаемых данных.

Кроме того, значительное улучшение точности наблюдений связано с развитием многоканальных и мультислотных GNSS приемников, которые могут обрабатывать данные с нескольких частот и от различных спутниковых систем одновременно. Это уменьшает влияние атмосферных и ионосферных искажений, а также повышает устойчивость к помехам [9].

Развитие таких технологий также позволяет эффективно решать проблемы многолучевости, которая возникает из-за отражений сигналов от различных объектов на поверхности Земли, таких как здания или природные преграды. Мультислотные приемники способны отслеживать сигналы с различных частотных диапазонов, что улучшает качество измерений, так как различные частоты по-разному взаимодействуют с атмосферными слоями. Это повышает точность измерений в сложных условиях, таких как городской каньон или местности с плохими условиями видимости спутников. Важно, что мультислотные си-

стемы, такие как L1/L2/GPS, L1/L2/GLONASS и новые частотные диапазоны Galileo и BeiDou, значительно расширяют возможности для получения более стабильных и надежных навигационных данных.

Кроме того, с учетом постоянного расширения спутниковых систем, таких как GPS, GLONASS, Galileo и BeiDou, а также с внедрением новых инновационных технологий, точность наблюдений с каждым годом только улучшается. Современные многоканальные приемники могут работать с несколькими спутниковыми системами одновременно, что позволяет значительно увеличить количество доступных спутников и улучшить геометрическое распределение. Это снижает вероятность ошибок в позиционировании, увеличивает устойчивость к помехам и повышает общую надежность системы, что крайне важно для приложений, где требуется высокая точность, таких как автономные транспортные средства, геодезические исследования или системы мониторинга окружающей среды [10].

Выводы

В результате, использование таких технологий позволяет повысить надежность и точность измерений, даже если условия для наблюдений не идеальны. Также новые методы обработки данных, такие как использование коррекционных сигналов и дифференциальных систем, способствуют улучшению конечных результатов, позволяя существенно снижать погрешности. Конечно, не стоит исключать такие важные аспекты как маска возвышения, определение фазового центра приемника, учет атмосферных явлений, которые при высокоточных измерениях играют большую роль, но в прикладных задачах гораздо более важным условием все же является доступность и простота процедуры выполнения измерений и обработки данных.

Благодарность

Данное исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета Науки Министерства науки и высшего образования РК (ГФ ИРН № AP23489269 «Гео-техническое мониторингирование геодинамического состояния геолого-структурной среды массива горных пород при освоении недр для обеспечения промышленной надежности»).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Нурпеисова М. Влияние метеорологических факторов на точность результатов мониторинга. / М. Нурпеисова, Б. Минджасаров, Б. Бурканов, Д. Киргизбаева. // Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия Геология и технические науки. 2023. № 5. С. 102–108 (на английском языке).
2. Adrian Nowak. Оптимизация стратегий предсказания орбит для спутников GNSS. / Adrian Nowak, Radosław Zajdel, Krzysztof Sośnica. // Acta Astronautica. 2023. № 209 (7). С. 134–138 (на английском языке)
3. Baire Q., Aerts W., Bruyninx C., Pottiaux E., Legrand J. Различия между моделями калибровки антенн GPS-приемников и влияние на геодезическое позиционирование. // AGU Fall Meeting. – Сан-Франциско: 2012. – С. 7–11 (на английском языке).
4. M. Meurer. Первый сигнал GPS L5: предварительный анализ демонстрационного сигнала SVN49. / M. Meurer, S. Erker, S. Thehlert, O. Montenbruck, A. Hauschild, R.B. Langley. // GPS World. 2009. Т. 20. № 6. С. 49–58 (на английском языке).

5. Schmid R. Абсолютные коррекции фазовых центров антенн спутников и приемников. Влияние на решения GPS и оценка азимутальных вариаций фазового центра антенны спутника. / R. Schmid, M. Rothacher, D. Thaller, P. Steigenberger. // *GPS Solutions*. 2005. Т. 9 (4). С. 283–293 (на английском языке).
6. Leick A. GPS-спутниковая съемка (4-е изд.), 2015, С. 245–254 (на английском языке)
7. Свидетельство автора Республики Казахстан № 39036 от 14.10.2025 за научную работу. Влияние метеорологических факторов на точность. / М. Нурпеисова, Б. Минджасаров, Д. Кургизбаева (на русском языке).
8. Hussain A. Сложности и ограничения приема сигнала GNSS в сильно загроможденных условиях. / Hussain A., Akhtar F., Khand Z.H., Rajput A., Shaukat, Z. // *Engineering, Technology & Applied Science Research*. 2021. № 11 (2). С. 6864–6868 (на английском языке)
9. Jin S. Обзор применения Multi-GNSS для наблюдений за Землей и новых приложений. / Jin S., Wang Q., Dardanelli G. // *Remote Sens*. 2022. № 14. С. 3930 (на английском языке).
10. Stefan Söderholm. Программно-определяемый приемник для работы с несколькими системами GNSS: проектирование, реализация и преимущества производительности. / Stefan Söderholm, Mohammad Zahidul H. Bhuiyan, Sarang Thombre, Laura Ruotsalainen, Heidi Kuusniemi. // *Annals of Telecommunications* Т. 71 (7–8). С. 399–410 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Нұрпейісова М. Бақылау нәтижелерінің дұрыстығына метеорологиялық факторлардың әсері. / М. Нұрпейісова, В. Мыңжасаров, В. Бұрханов, Д. Қырғызбаева. // Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының жаңалықтары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы. 2023. № 5. Б. 102–108 (ағылшын тілінде)
2. Adrian Nowak. GNSS спутниктерінің орбиталарын болжау стратегияларын оңтайландыру. / Adrian Nowak, Radosław Zajdel, Krzysztof Sośnica. // *Acta Astronautica*. 2023. № 209 (7). Б. 134–138 (ағылшын тілінде)
3. Baire Q., Aerts W., Bruyninx C., Pottiaux E., Legrand J. GPS қабылдағыш антенналарын калибрлеу модельдері арасындағы айырмашылықтар және оның геодезиялық позициялауға әсері. // *AGU Fall Meeting*. – Сан-Франциско: 2012. – Б. 7–11 (ағылшын тілінде)
4. M. Meurer. GPS L5 алғашқы сигналы: SVN49 демонстрациялық сигналының алдын ала талдауы. / M. Meurer, S. Erker, S. Thehlert, O. Montenbruck, A. Hauschild, R.B. Langley. // *GPS World*. 2009. Т. 20. № 6. Б. 49–58 (ағылшын тілінде)
5. Schmid R. Спутник және қабылдағыш антенналардың абсолютті фазалық орталықтарын түзету. GPS шешімдеріне әсері және спутник антеннасының азимутальды фазалық орталық өзгерістерін бағалау. / R. Schmid, M. Rothacher, D. Thaller, P. Steigenberger. // *GPS Solutions*. 2005. Т. 9 (4). Б. 283–293 (ағылшын тілінде)
6. Leick A. GPS спутниктерін зерттеу (4-ші басылым), 2015, Б. 245–254 (ағылшын тілінде)
7. Қазақстан Республикасы авторлық куәлігі № 39036, 14.10.2025, ғылыми жұмыс үшін. Метеорологиялық факторлардың дәлдікке әсері. / М. Нурпеисова, Б. Минджасаров, Д. Кургизбаева (орыс тілінде)
8. Hussain A. GNSS сигналын қабылдаудың күрделілігі мен шектеулері жоғары бөгде ортада. *Engineering*. / Hussain A., Akhtar F., Khand Z.H., Rajput A., Shaukat Z. // *Technology & Applied Science Research*. 2021. № 11 (2). Б. 6864–6868 (ағылшын тілінде)
9. Jin S. Multi-GNSS-тің Жерді бақылаудағы және жаңа қосымшалардағы рөлі туралы шолу. / Jin S., Wang Q., Dardanelli G. // *Remote Sens*. 2022. № 14. Б. 3930 (ағылшын тілінде)
10. Stefan Söderholm. GNSS жүйесіне арналған бағдарламалық анықтамалық қабылдағыш: жобалау, іске асыру және өнімділік артықшылықтары. / Stefan Söderholm, Mohammad Zahidul H. Bhuiyan, Sarang Thombre, Laura Ruotsalainen, Heidi Kuusniemi. // *Annals of Telecommunications*. 2016. Т. 71 (7–8). Б. 399–410 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Nurpeissova M. Influence of meteorological factors on the accuracy of monitoring results. / Nurpeissova M., Mingzhasarov B., Burkhanov B., Kyrgyzbaeva D. // *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences*. 2023. № 5. P. 102–108 (in English)
2. Adrian Nowak, Radosław Zajdel, Krzysztof Sośnica. Optimization of orbit prediction strategies for GNSS satellites. / Adrian Nowak, Radosław Zajdel, Krzysztof Sośnica. // *Acta Astronautica*. 2023. № 209 (7). P. 134–138 (in English)

3. Baire Q., Aerts W., Bruyninx C., Pottiaux E., Legrand J. Differences between GPS receiver antenna calibration models and influence on geodetic positioning. // AGU Fall Meeting. – San Francisco: 2012. – P. 7–11 (in English)
4. M. Meurer. The First GPS L5 Signal: A Preliminary Analysis of the SVN49 Demonstration Signal. / M. Meurer, S. Erker, S. Thehlert, O. Montenbruck, A. Hauschild, R.B. Langley. // GPS World. 2009. V. 20. № 6. P. 49–58 (in English)
5. Schmid R. Absolute phase center corrections of satellite and receiver antennas. Impact on GPS solutions and estimation of azimuthal phase center variations of the satellite antenna. / R. Schmid, M. Rothacher, D. Thaller, P. Steigenberger. // GPS Solutions. 2005. V. 9 (4). P. 283–293 (in English)
6. Leick A. GPS Satellite Surveying (4th ed.), 2015, P. 245–254 (in English)
7. Svidetel'stvo avtora Respubliki Kazakhstan № 39036 ot 14.10.2025 za nauchnuyu rabotu. Vliyanie meteorologicheskikh faktorov na tochnost'. / M. Nurpeisova, B. Mindzhasarov, D. Kirgizbaeva [Author's certificate of the Republic of Kazakhstan. № 39036 dated 14.10, 2025 for a work of science. Influence of meteorological factors on the accuracy of. / M. Nurpeisova, B. Mingzhasarov, D. Kyrgyzbaeva] (in Russian)
8. Hussain A. Complexity and Limitations of GNSS Signal Reception in Highly Obstructed Enviroments. / Hussain, A., Akhtar, F., Khand, Z.H., Rajput, A. and Shaukat, Z. // Engineering, Technology & Applied Science Research. 2021. № 11 (2). P. 6864–6868 (in English)
9. Jin S. A Review on Multi-GNSS for Earth Observation and Emerging Applications. / Jin S., Wang Q., Dardanelli G. // Remote Sens. 2022, № 14. P. 3930 (in English)
10. Stefan Söderholm. A multi-GNSS software-defined receiver: design, implementation, and performance benefits. / Stefan Söderholm, Mohammad Zahidul H. Bhuiyan, Sarang Thombre, Laura Ruotsalainen, Heidi Kuusniemi. // Annals of Telecommunications. 2016. V. 71 (7–8). P. 399–410 (in English)

Сведения об авторах:

Нурпеисова М.Б., д.т.н., профессор Казахского Национального исследовательского технического университета им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан), marzhan-nurpeissova@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3956-5442>

Мынжасаров Б., Ph.D докторант Казахского Национального исследовательского технического университета им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан), bakha1000@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-6912-2303>

Киргизбаева Д.М., доктор Ph.D, ассоц. профессор, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), d.kirgizbaeva@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0002-8869-5497>

Нурпеисова Т.Б., к.т.н., профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан), t.nurpeissova@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0001-8162-6053>

Авторлар туралы мәліметтер:

Нұрпейісова М.Б., т.ғ.д., К.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университетінің профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

Мынжасаров Б., К.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университетінің Ph.D докторанты (Алматы қ., Қазақстан)

Қыргызбаева Д.М., Ph.D докторы, қауым. профессор, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан)

Нұрпейісова Т.Б., т.ғ.к., Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университетінің профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Nurpeissova M.B., Doctor of technical sciences, Professor of Kazakh National Technical University named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan)

Mynghassarov B., Ph.D student, Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan)

Kirgizbaeva D.M., Ph.D, Associate Professor, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Nurpeissova T.B., Candidate of technical sciences, Professor of Kazakh National Technical University named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan)