

# НЕКОТОРЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОПОРНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ СГУЩЕНИЯ ВБЛИЗИ КАРЬЕРА

**В.Р. Ниязов,**  
докторант, кафедра «Геодезия и картография», Самаркандский  
государственный архитектурно-строительный институт,  
г. Самарканд

**Аннотация:** В данной статье описаны основные требования к проектированию опорной геодезической сети сгущения вблизи карьера. Приведены схемы опорных геодезических сетей в зависимости от размера и конфигурации месторождения. Рассмотрены методы триангуляции и нивелирования при проведении маркшейдерских измерений для сгущения геодезической сети. Отмечается роль ГНСС при разработке спутниковой геодезической сети вблизи карьера. Отмечается, что разработка схемы опорной геодезической сети сгущения является основным этапом при ГНСС измерениях вблизи особо важных объектов. Разработка оптимального метода сгущения геодезической сети вокруг горно-добывающего сооружения изложена в данной статье.

**Ключевые слова:** опорная геодезическая сеть, триангуляция, нивелирование, оптимизация, СГС, ГНСС

## SOME REQUIREMENTS FOR THE DESIGN OF THE REFERENCE GEODETIC NETWORK OF DENSITY IN THE NEAR QUARRY

**V.R. Niyazov,**  
Doctoral Student, Department of Geodesy and Cartography,  
Samarkand State Architectural and Construction Institute, Samarkand

**Annotation:** This article describes the basic requirements for the design of a geodetic control network of thickening near the quarry. Schemes of geodetic reference networks are given depending on the size and configuration of the field. Methods of triangulation and leveling are considered when carrying out mine surveying measurements to thicken the geodetic network. The role of GNSS in the development of a satellite geodetic network near the quarry is noted. It is noted that the development of a scheme of a geodetic reference network of concentration is the main stage in GNSS measurements near especially important objects. The

development of an optimal method for thickening a geodetic network around a mining facility is described in this article.

**Key words:** geodetic reference network, triangulation, leveling, optimization, GHS, GNSS

При проектировании геодезической сети сгущения следует иметь общую стратегию ГНСС измерений, зависящую от размера исследуемой территории. Если использовать территорию, где идет поиск полезных ископаемых или сооружаются крупные промышленные объекты, то роль сгущения геодезической сети приобретает особый статус и требует детального анализа проектируемой высокоточной геодезической сети [1].

В Узбекистане имеется несколько горно-добывающих объектов, которые являются основными предприятиями по добыче полезных ископаемых. В окрестности этих сооружений должны быть пункты государственной геодезической сети (ГГС), построенные в середине 20 века, а вблизи некоторых сооружений не были установлены пункты триангуляции и нивелирования, что создает определенные трудности при проведении маркшейдерских работах [2]. Внедрение цифровых измерительных приборов позволяет решить эту проблему с минимальными затратами времени и на высоком научно-техническом уровне. Помимо этого, создание пространственной цифровой модели карьера и его окрестности даст полное представление о рельефе исследуемого района.

Целью данной работы является описание некоторых требований к проектируемым геодезическим сетям сгущения вокруг горно-добывающих объектов.

Обычно геодезические сети сгущения и маркшейдерскую опорную сеть в окрестности горных предприятий развиваются на основе ГГС, которые подразделяются на сети триангуляции и полигонометрии 1 и 2 разрядов, служащие для обеспечения топографических съемок крупных масштабов и решения инженерно-технических задач [3]. Что касается высотных отметок пунктов, то они определяются нивелированием IV класса и техническим нивелированием. Пункты плановой опорной сети всех классов и разрядов должна быть расположены с плотностью 4 пирамиды на 1 км<sup>2</sup>, а высотное положение не менее 1 репер на 5 км с учетом рельефа местности и характера горных работ. Конструкция опорных сетей может быть в виде треугольников, четырехугольников или же многоугольников в зависимости от размера и конфигурации месторождения (рис. 1). Точность взаимного положения пунктов должно быть с ошибкой не более 0.1 мм в масштабе топографической карты. На пунктах триангуляции 1 разряда устанавливают простые пирамиды и сигналы, а для 2 разряда допускается установка вех [4].

В окрестности карьера создается густая сеть высотных опорных пунктов в виде нивелирных марок и реперов, которая должна быть привязана к государственной нивелирной сети. В зависимости от способа разработки производится геометрическое нивелирование IV класса или техническое

нивелирование. При этом надо учесть, что горные работы ведутся непрерывно, а тахеометрические съемки производят в течение всего периода разработки месторождения. Это означает, что маркшейдерские сети необходимо периодически повторять, т.к. опорные пункты предыдущих съемок оказываются уничтоженными, а восстановить их не всегда возможно. Тахеометрическая съемка рельефа, выполняемая за пределами горных работ, должна представлять собой отдельный ход, проложенный между пунктами триангуляции (рис. 2). На карьерах, где прокладка полигонов является трудоемкой работой, положение пунктов съемочного обоснования может быть определено решением прямых и обратных засечек. Использование же спутниковых навигационных приборов делает процесс измерений более точным и эффективным.

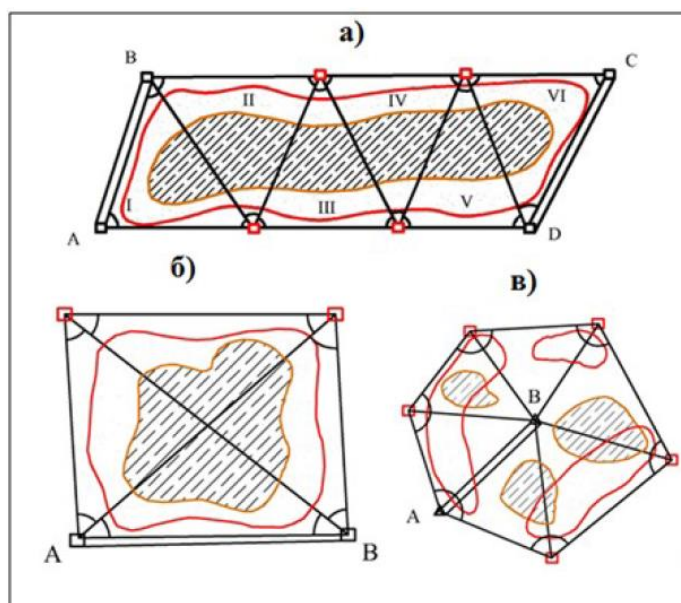


Рисунок 1 – Схемы опорной геодезической сети

Проблема проектирования геодезической сети с последующей оптимизацией ее остается актуальной во всех республиках, включая Узбекистан. Оптимизацией геодезической сети занимались многие исследователи за рубежом и в странах СНГ [5-7]. Более детально этой проблеме уделено внимание в работе Тамутис З.П., где рассмотрены методы математического проектирования геодезической сети, используя аналитические и численные выражений системы нормальных уравнений, а также освещены вопросы предварительного вычисления точности измерений в геодезических сетях с учетом экономических принципов планирования народного хозяйства [8].

С 1990-2000 возросли требования к оценке основных элементов триангуляции и нивелирования 1 класса, т.к. стали использовать современные геоинформационные технологии и электронные измерительные системы. Благодаря прогрессу в изготовлении высокоточных тахеометров, позволяющих вести измерения с автоматической регистрацией отсчетов

горизонтального и вертикального кругов, а также измерения расстояний, стало возможным построение специальных геодезических сетей.



Рисунок 2 – Маркшейдерские работы вблизи карьера

С внедрением в геодезическую практику ГНСС [9] и компьютерной технологии появилась возможность определения координат пунктов с более высокой точностью, где не требуется знать прямой видимости между определяемыми пунктами, а также отпадает необходимость в постройке наружных знаков, полевые измерения проводятся в любую погоду и с различными системами координат. Применение ГНСС привели к необходимости разработки СГС вокруг промышленных объектов, используя основы создания традиционных геодезических сетей. Следует учесть, что теоретические проекты по созданию геодезических сетей разрабатывались с соответствие с нормативными документами. Это относится не только к промышленным объектам, но и к городским геодезическим сетям, которые пришли в негодность из-за различных ситуаций, хотя сохранились центры этих пунктов. Особенно это относится к пунктам триангуляции и полигонометрии, которые были заложены в середине 20 века и должны быть исходными пунктами при формировании спутниковой геодезической сети сгущения.

Использование методов математического программирования позволит получить наилучшее по точности и экономической выгоды схемы геодезических построений вокруг особо важных объектов. Проектирование геодезических сетей методами математического программирования приобретает все большее значение в связи поиском полезных ископаемых, где отсутствуют геодезические сети. Например, в окрестности горнодобывающего карьера Зармитан геодезическая сеть отсутствует или же

пункты расположены очень далеко (рис. 3). Имеется один пункт “Каратепа“, который находится в 1 км от объекта.

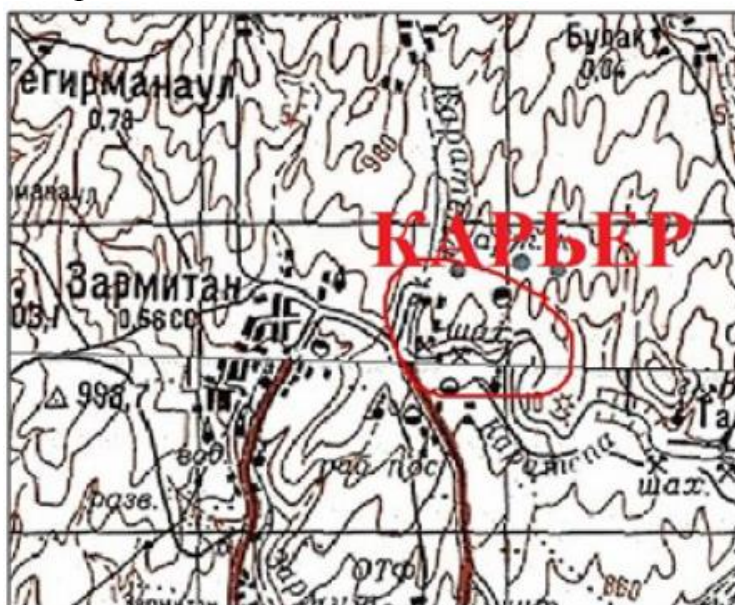


Рисунок 3 – Фрагмент топографической карты и ГНСС измерения карьера “Зармитан”

В таких случаях вышеописанный метод является оптимальным для проектирования геодезической сети с помощью ГНСС. Даже если имеются пункты с достаточной плотностью вблизи карьеров, все равно необходимо произвести уточнение координат с использованием современных высокоточных спутниковых приемников, используя различные режимы приема сигналов. Тем самым достигается повышение точности планово-высотных координат в приемлемой картографической проекции Гаусса-Крюгера. Конечно, в таких случаях целесообразно выполнить привязку координат к международной геодезической системе координат или же к спутниковой геодезической сети Узбекистана (рис. 4).

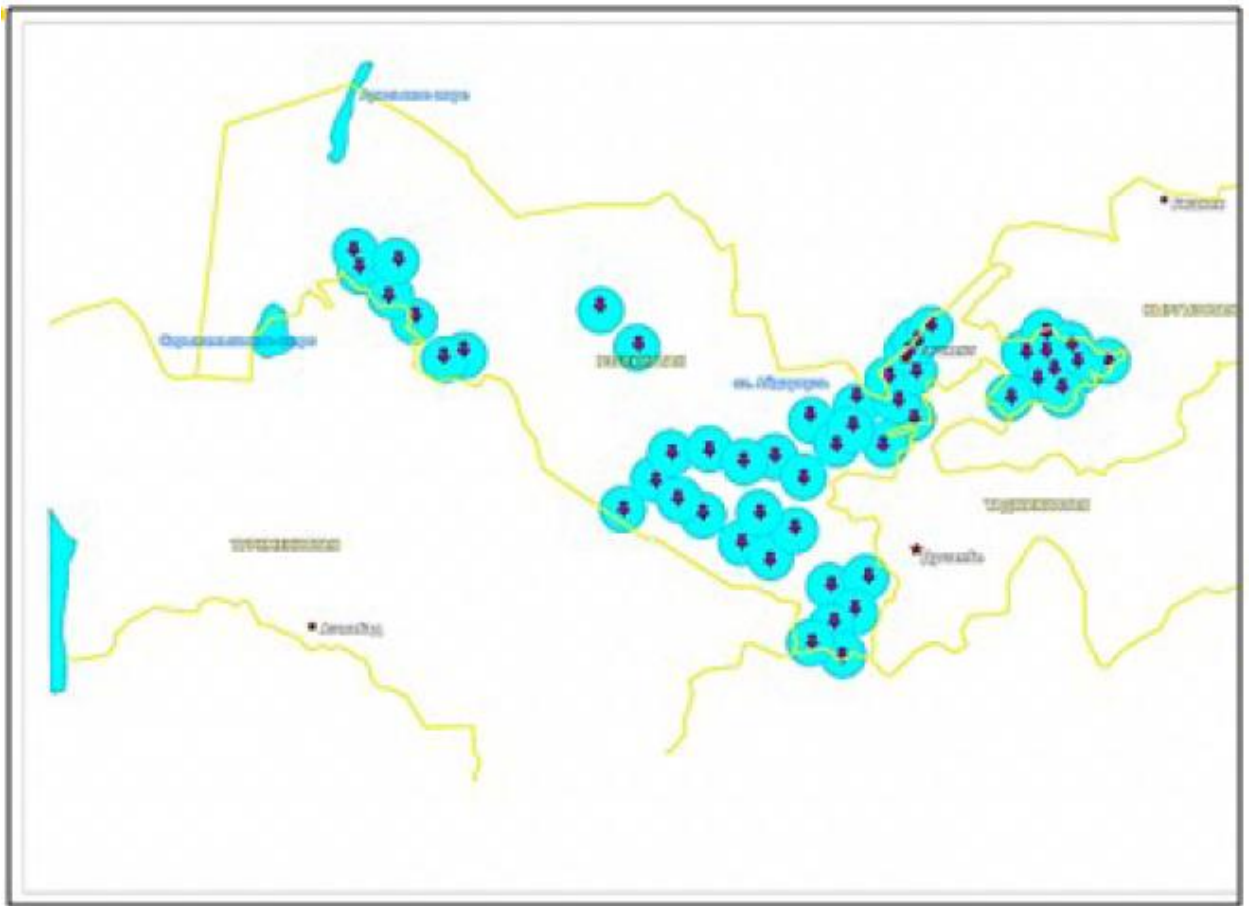


Рисунок 4 – GNSS сеть Узбекистана

В [2] подробно изложено обязательное требование при ГНСС измерениях, где необходимо произвести привязку к государственной геодезической сети (ГГС) с соблюдением всех положений, закрепленных в инструкции по построению и рекогносцировке опорных геодезических сетей. Обязательным этапом в проектировании должна быть оценка точности отдельных ее элементов и установление соответствия полученных результатов заданным требованиям.

Разработка схемы опорной геодезической сети и спутниковой геодезической сети сгущения является основным этапом при ГНСС измерениях вблизи особо важных объектов (рис. 5).

На самом деле, из-за физико-географических условий местности трудно добиться одинаковых углов и расстояний между опорными и определяемыми пунктами, что приходится произвести модификацию геодезической сети с соблюдением точностных характеристик при выполнении обработки измерений [10]. Например, для карьера “Мурунтау” произведены модельные расчеты, позволяющие построить оптимальную схему геодезической сети с целью вычисления координат определяемых пунктов (рис. 6).

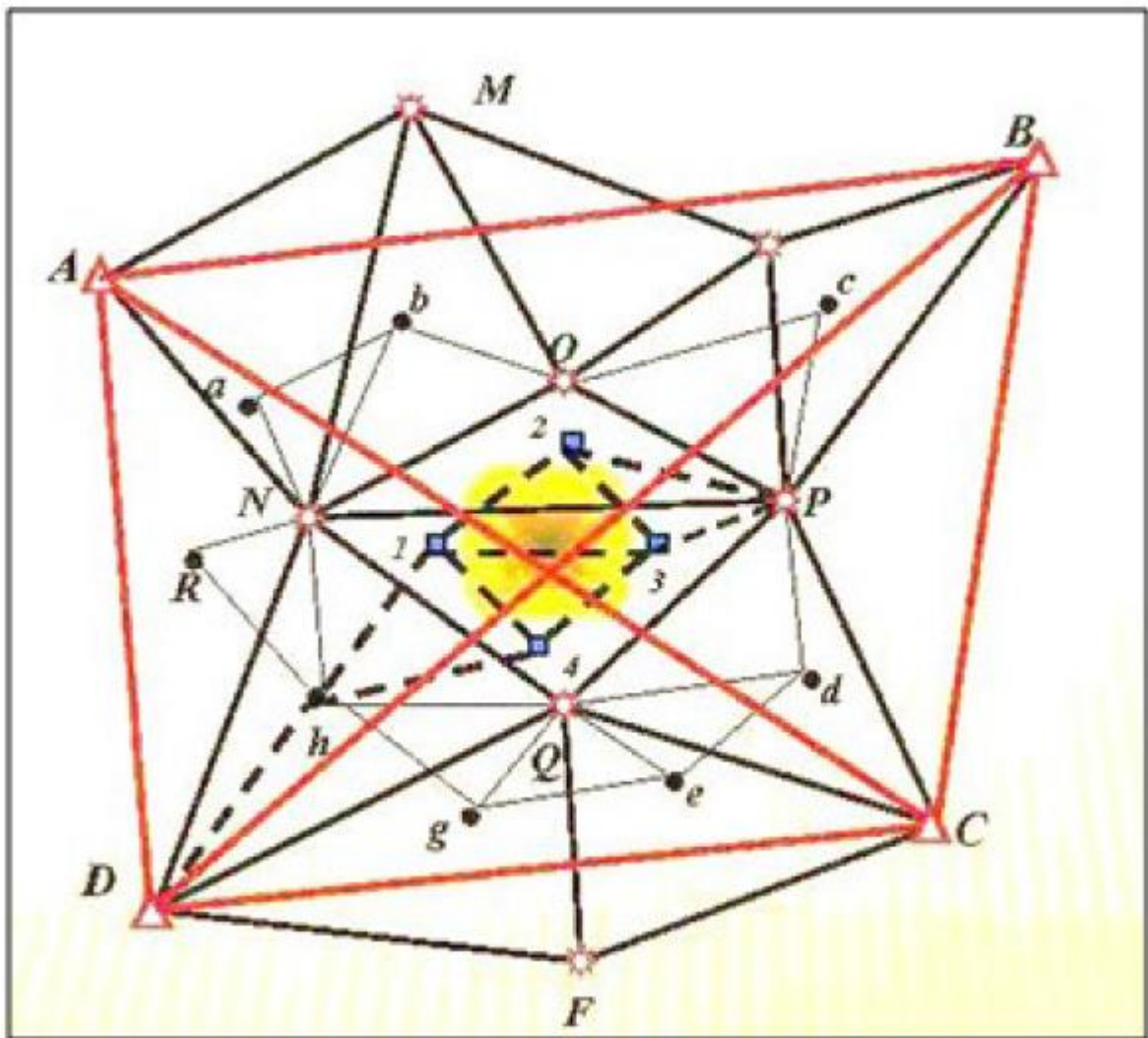


Рисунок 5 – Корректная схема геодезической сети вокруг объекта (данные Google Earth Map – дата обращения 5.06.2021)

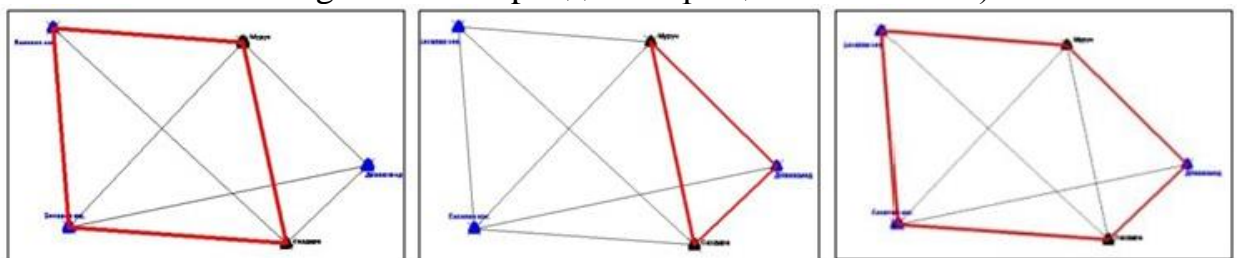


Рисунок 6 – Модели сгущения сети вокруг карьера Мурунтау

В настоящее время геодезических пунктов вокруг карьера имеется достаточно для того, чтобы разработать оптимальную сеть сгущения с соблюдением всех необходимых требований. Кроме того, геодезической организацией ELLIPS установлены спутниковые геодезические пункты вокруг карьера (рис. 7).



Рисунок 7 – Спутниковый геодезический пункт сгущения

### Список литературы

[1] Бойко Е.Г. Использование искусственных спутников Земли для построения геодезических сетей. / Е.Г. Бойко, Б.М. Кленицкий, И.М. Ландис, Г.А. Устинов. – М.:Недра, 1977. 376 с.

[2] Мирмахмудов Э.Р. Проектирование геодезической сети сгущения в окрестности промышленных объектов. / Э.Р. Мирмахмудов, В.Р. Ниязов, М.М. Аралов. // Вестник науки. Научный журнал. – № 5-1(7). 212-220 с.

[3] Закатов П.С. Курс Высшей геодезии. / П.С. Закатов. – М.: Недра, 1976. 512 с.

[4] Попов В.Н. Геодезия и маркшейдерия. / В.Н. Попов, В.А. Букринский, П.Н. Бруевич, Д.И. Боровский и др. – М. Недра, 2017. 456 с.

[5] Большаков В.Д. Теория математической обработки геодезических измерений. / В.Д. Большаков, П.А. Гайдаев. – М.: Недра, 1977. 368 с.

[6] Маркузе Ю.И. Алгоритмы для уравнивания геодезических сетей на ЭВМ. / Ю.И. Маркузе. – М.: Недра, 1989. 248 с.

[7] Маркузе Ю.И. Основы уравнивательных вычислений. / Ю.И. Маркузе. – М.: Недра, 1990. 240 с.

[8] Тамутис З.П. Оптимальные методы проектирования геодезических сетей. / З.П. Тамутис. – М.: Недра, 1979. 127 с.

[9] Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. / К.М. Антонович. – М: Картгеоцентр, 2005. Т.1. 334 с.

[10] Мирмахмудов Э.Р., Рекогносцировка геодезических пунктов в окрестности карьера “Мурунтау”. / Э.Р. Мирмахмудов, Ф.Т. Кадыров, В.Р.



Ниязов. // Сборник статей по материалам V – Международной научно-практической конференции. – Уфа, 2021. 159-168 с.

### **Bibliography (Transliterated)**

[1] Boyko E.G. The use of artificial earth satellites for building geodetic networks. / E.G. Boyko, B.M. Klenitsky, I.M. Landis, G.A. Ustinov. – M.: Nedra, 1977. 376 p.

[2] Mirmakhmudov E.R. Designing a geodetic network of thickening in the vicinity of industrial facilities. / E.R. Mirmakhmudov, V.R. Niyazov, M.M. Aralov. // Science Bulletin. Science Magazine. – No. 5-1 (7). 212-220 p.

[3] Zakatov P.S. Higher Geodesy Course. / P.S. Sunsets. – M.: Nedra, 1976. 512 p.

[4] Popov V.N. Geodesy and mine surveying. / V.N. Popov, V.A. Bukrinsky, P.N. Bruevich, D.I. Borovsky et al. – M. Nedra, 2017. 456 p.

[5] Bolshakov V.D. Theory of mathematical processing of geodetic measurements. / V.D. Bolshakov, P.A. Gaidaev. – M.: Nedra, 1977. 368 p.

[6] Marcuse Yu.I. Algorithms for adjusting geodetic networks on a computer. / Yu.I. Marcuse. – M.: Nedra, 1989. 248 p.

[7] Marcuse Yu.I. Fundamentals of Equalizing Calculations. / Yu.I. Marcuse. – M.: Nedra, 1990. 240 p.

[8] Tamutis Z.P. Best practices for designing geodetic networks. / Z.P. Tamutis. – M.: Nedra, 1979. 127 p.

[9] Antonovich K.M. The use of satellite radio navigation systems in geodesy. / K.M. Antonovich. – M: Kartgeocenter, 2005, Vol. 1. 334 p.

[10] Mirmakhmudov E.R., Reconnaissance of geodetic points in the vicinity of the "Muruntau" quarry. / E.R. Mirmakhmudov, F.T. Kadyrov, V.R. Niyazov. //

Collection of articles based on the materials of the V – International Scientific and Practical Conference. – Ufa, 2021. 159-168 p.