

Расчёт увеличения телескопа и его влияния на наблюдение планет

Чжоу Валентина Юйляновна

Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

Целью исследования является описание методики расчёта увеличения телескопа и анализ влияния выбранного увеличения на наблюдение планет. В ходе работы использованы поисковые, аналитические и вычислительные методы исследования, позволившие определить увеличение для различных окуляров, выходной зрачок, относительную яркость изображения, поле зрения и практическую пригодность режимов наблюдения. В результате установлено, что для условного любительского телескопа с апертурой 120 мм и фокусным расстоянием 1000 мм наиболее рациональный диапазон увеличений при наблюдении планет составляет примерно 100–200×.

Ключевые слова: телескоп, увеличение, окуляр, выходной зрачок, наблюдение планет.

Calculation of telescope magnification and its influence on planetary observation

Chzhou Valentina Yuylyanovna

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Abstract

The purpose of this study is to describe the method for calculating telescope magnification and to analyze how magnification affects planetary observations. Search, analytical and computational methods were used to determine magnification for different eyepieces, exit pupil, relative image brightness, field of view and practical usability of observation modes. As a result, it was found that for a conditional amateur telescope with an aperture of 120 mm and a focal length of 1000 mm, the most rational magnification range for observing planets is approximately 100–200×.

Keywords: telescope, magnification, eyepiece, exit pupil, planetary observation.

1 Введение

1.1 Актуальность исследования

Актуальность исследования обусловлена тем, что увеличение является одной из основных характеристик телескопического наблюдения и напрямую влияет на восприятие деталей планет. При недостаточном увеличении изображение планеты остаётся слишком малым для уверенного различения

деталей, а при чрезмерном увеличении изображение становится тусклым, менее контрастным и сильнее зависит от качества атмосферы.

В любительской астрономии часто встречается ошибочное представление о том, что большее увеличение всегда даёт более качественное изображение. На практике предельная детализация определяется не только окуляром, но и диаметром объектива, фокусным расстоянием телескопа, атмосферной турбулентностью, качеством оптики и точностью фокусировки. Поэтому расчёт увеличения должен сопровождаться оценкой его практической применимости для конкретных объектов наблюдения.

1.2 Обзор исследований

В статье Т. В. Кирилловой [1] рассмотрена организация практических наблюдений небесных тел на уроках астрономии с использованием телескопа. Данная работа показывает, что телескопические наблюдения могут применяться не только для демонстрации небесных объектов, но и для формирования практических навыков работы с астрономическим оборудованием. В работе Ю. А. Зайцева [2] подчёркивается значение астрономических наблюдений в школе, включая работу с телескопами и программными средствами для моделирования небесных явлений. Рассматриваются практические задания на уроках астрономии, где наблюдение планет через телескоп выступает важным элементом учебной деятельности в работе О. М. Яруллиной [3]. Исследование Ю. С. Зиновьева, О. А. Мишиной и А. А. Глущенко [4] посвящено перспективам развития оптических телескопов наземного и космического базирования. Авторы отмечают, что одной из важных характеристик телескопа является его разрешающая способность. В работе В. Е. Панчука, В. Г. Ключковой и Э. В. Емельянова [5] рассматривается техника наблюдений на телескопах малых и умеренных диаметров, что важно для понимания возможностей любительских и учебных инструментов. В исследовании А. Р. Закиняна и А. В. Панчука [6] затрагивается влияние атмосферной турбулентности на качество астрономических наблюдений, что особенно важно при выборе большого увеличения.

1.3 Цель исследования

Целью исследования является описание методики расчёта увеличения телескопа и определение влияния увеличения на наблюдение планет.

2 Материалы и методы

В качестве объекта исследования рассматривается условный любительский телескоп, применяемый для визуального наблюдения Луны и планет. Для расчёта приняты параметры, характерные для небольшого учебного или любительского телескопа: диаметр объектива 120 мм и фокусное расстояние 1000 мм.

В работе применён расчётно-аналитический метод, основанный на определении увеличения телескопа, выходного зрачка, предельного полезного

увеличения, углового разрешения и фактического поля зрения. Для оценки влияния увеличения использовались расчётные значения для нескольких окуляров и линзы Барлоу 2×.

3 Результаты и обмуждение

Для расчёта приняты исходные данные, представленные в таблице (Табл. 1).

Таблица 1 – Исходные данные

Показатель	Обозначение	Значение
Диаметр объектива телескопа	D	120 мм
Фокусное расстояние объектива	F _{об}	1000 мм
Окуляры для расчёта	f _{ок}	25; 15; 10; 6; 4 мм
Линза Барлоу	k	2×
Видимое поле окуляра	AFOV	50°
Средний угловой диаметр Юпитера	θ _J	45"
Средний угловой диаметр Сатурна с кольцами	θ _S	40"
Угловой диаметр Марса в благоприятный период	θ _M	15"

Увеличение телескопа определяется отношением фокусного расстояния объектива к фокусному расстоянию окуляра

$$M = \frac{F_{об}}{f_{ок}}$$

где

M – увеличение телескопа.

F_{об} – фокусное расстояние объектива, мм.

f_{ок} – фокусное расстояние окуляра, мм.

При использовании линзы Барлоу увеличение возрастает пропорционально её коэффициенту

$$M_{бар} = \frac{k \cdot F_{об}}{f_{ок}}$$

Выходной зрачок показывает диаметр светового пучка, выходящего из окуляра, и рассчитывается по формуле

$$d_{вых} = \frac{D}{M}$$

Чем меньше выходной зрачок, тем темнее становится изображение. Для планет допустимы небольшие значения выходного зрачка, однако при двукратном менее 0,5 мм изображение обычно становится слишком тусклым и чувствительным к дефектам зрения наблюдателя.

Предельное полезное увеличение телескопа приближённо оценивается по правилу

$$M_{\max} \approx 2 \cdot D$$

где D выражается в миллиметрах. Для принятого телескопа

$$M_{\max} \approx 2 \cdot 120 = 240\times$$

Следовательно, увеличения выше 240× для данного инструмента можно считать условно избыточными: они могут увеличить видимый размер планеты, но не добавят новых деталей, если разрешение телескопа и состояние атмосферы не позволяют их различить.

Разрешающая способность телескопа по критерию Рэля определяется приближённой формулой

$$\theta_R = \frac{138}{D}$$

$$\theta_R = \frac{138}{120} = 1,15''$$

Полученное значение показывает, что в идеальных условиях телескоп способен разделять детали с угловым размером около 1,15 угловой секунды. В реальных условиях наблюдений итоговая детализация часто ограничивается атмосферной турбулентностью, поэтому слишком большое увеличение не всегда улучшает результат.

Расчёт увеличений для выбранных окуляров приведён в таблице (Табл. 2).

Таблица 2 – Расчёт увеличения, выходного зрачка и поля зрения

Окуляр схема	Увеличение M	Выходной зрачок, мм	Поле зрения, °	Оценка применимости
25 мм	40×	3,00	1,25	Обзорное наблюдение, поиск объекта
15 мм	67×	1,80	0,75	Общий вид Луны и планет
10 мм	100×	1,20	0,50	Устойчивый режим для планет
6 мм	167×	0,72	0,30	Детальное наблюдение при хорошей атмосфере

4 мм	250×	0,48	0,20	На границе полезного увеличения
25 мм + Барлоу 2×	80×	1,50	0,63	Умеренное увеличение
15 мм + Барлоу 2×	133×	0,90	0,38	Хороший режим для Юпитера и Сатурна
10 мм + Барлоу 2×	200×	0,60	0,25	Высокое, но ещё полезное увеличение
6 мм + Барлоу 2×	333×	0,36	0,15	Избыточное увеличение
4 мм + Барлоу 2×	500×	0,24	0,10	Практически нецелесообразно

Из таблицы 2 видно, что увеличение 40× и 67× удобно для поиска объектов и общего обзора, но для планет оно часто недостаточно. Увеличения 100×, 133×, 167× и 200× являются наиболее рациональными: они обеспечивают заметный размер диска планеты и сохраняют приемлемую яркость изображения. Увеличения 333× и 500× для телескопа диаметром 120 мм превышают практический предел и относятся к так называемому «пустому увеличению».

Влияние увеличения на яркость изображения можно оценить через выходной зрачок. Относительная яркость пропорциональна квадрату выходного зрачка. В таблице (Табл. 3) яркость нормирована относительно режима 40×, где выходной зрачок равен 3 мм.

Таблица 3 – Относительное изменение яркости изображения

Увеличение	Выходной зрачок, мм	Относительная яркость	Вывод
40×	3,00	1,00	Изображение яркое, но планеты малы
67×	1,80	0,36	Яркость высокая, детализация ограничена размером
100×	1,20	0,16	Хороший баланс яркости и масштаба
167×	0,72	0,06	Полезно при устойчивой атмосфере

200×	0,60	0,04	Подходит для ярких планет при хорошем seeing
250×	0,48	0,03	Изображение заметно темнеет
333×	0,36	0,01	Сильное падение яркости и контраста
500×	0,24	0,006	Практически непригодно для стабильного наблюдения

Для оценки видимого размера планет в окуляре можно использовать формулу

$$\beta = \theta \cdot \frac{M}{60}$$

где

β – видимый размер объекта в угловых минутах.

θ – реальный угловой диаметр планеты в угловых секундах.

M – увеличение телескопа.

Расчёт видимого размера планет при наиболее полезных увеличениях представлен в таблице (Табл. 4).

Таблица 4 – Видимый размер планет в окуляре

Увеличение	Юпитер, угл. мин	Сатурн с кольцами, угл. мин	Марс, угл. мин
100×	75,0	66,7	25,0
150×	112,5	100,0	37,5
200×	150,0	133,3	50,0

При 100× диск Юпитера уже выглядит достаточно крупным для наблюдения основных облачных полос, а Сатурн позволяет различить кольца. При 150–200× возрастает удобство восприятия деталей, однако изображение сильнее зависит от атмосферной устойчивости. Для Марса большое увеличение особенно важно, поскольку его угловой диаметр обычно меньше, чем у Юпитера и Сатурна.

Фактическое поле зрения телескопа определяется отношением видимого поля окуляра к увеличению

$$TFOV = \frac{AFOV}{M}$$

При увеличении 40× поле зрения составляет около 1,25°, а при 200× уменьшается до 0,25°. Это означает, что при больших увеличениях планета

быстрее выходит из поля зрения, поэтому возрастает значение точной монтировки, плавного ведения и аккуратной фокусировки.

Итоговая оценка влияния увеличения на наблюдение планет приведена в таблице (Табл. 5)

Таблица 5 – Практическая оценка диапазонов увеличения

Диапазон увеличения	Характер изображения	Практическое применение
40–80×	Яркое изображение, большое поле зрения, малый видимый размер планет	Поиск объекта, общий обзор, наблюдение спутников Юпитера
100–150×	Хороший баланс размера, яркости и устойчивости	Основной диапазон для Юпитера, Сатурна и Луны
160–220×	Крупное изображение, заметная зависимость от атмосферы	Детали планет при хорошем состоянии атмосферы
240–260×	На границе возможностей телескопа 120 мм	Редкое применение при очень хороших условиях
Более 300×	Изображение темнеет и теряет контраст	Обычно нецелесообразно для данного телескопа

Таким образом, увеличение телескопа влияет не только на видимый размер планеты, но и на яркость, контраст, удобство наведения и устойчивость изображения. Оптимальный режим нельзя выбирать только по максимальному значению увеличения. Для рассматриваемого телескопа наиболее оправдано использовать 100–150× как основной диапазон и 167–200× как повышенный диапазон для спокойной атмосферы.

4 Выводы

В ходе работы была описана методика расчёта увеличения телескопа и выполнен расчёт для условного любительского инструмента с апертурой 120 мм и фокусным расстоянием 1000 мм. Установлено, что увеличение определяется отношением фокусного расстояния объектива к фокусному расстоянию окуляра, а при использовании линзы Барлоу возрастает пропорционально её коэффициенту. Расчёт показал, что предельное полезное увеличение для телескопа диаметром 120 мм составляет около 240×. При этом практически наиболее удобными для наблюдения планет являются увеличения примерно 100–200×. В этом диапазоне изображение планет достаточно крупное, но ещё сохраняет приемлемую яркость и контраст.

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования приведённой методики при подборе окуляров и планировании наблюдений Луны и планет. Расчёт позволяет заранее определить, какие увеличения будут действительно полезными, а какие приведут только к росту масштаба изображения без увеличения количества видимых деталей.

Библиографический список

1. Кириллова Т. В. Фаюстова О. А. Организация практических наблюдений за небесными телами на уроках астрономии с помощью телескопа «Meade Polaris 114 мм» // Конвергенция современных образовательных политик для решения проблем Каспийского региона. Приоритет - 2030: Сборник трудов Международной научно-практической конференции, Астрахань, 21–22 апреля 2022 года. Астрахань: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный университет», 2022. С. 95-98. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48583415> (дата обращения: 19.06.2026).
2. Зайцев Ю. А. Астрономические наблюдения в школе // Дорога в космос: Материалы Третьей международной конференции по космическому образованию, Москва, 01–05 октября 2024 года. Москва: Институт космических исследований РАН, 2024. С. 102-104. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=82677003> (дата обращения: 19.06.2026).
3. Яруллина О. М. О некоторых практических работах на уроках астрономии Яруллина // Обучение физике и астрономии в общем и профессиональном образовании : Материалы XIX Всероссийской научно-практической конференции, Иркутск, 25–26 марта 2021 года Иркутск: Иркутский государственный университет, 2021. С. 169-173. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45832770> (дата обращения: 19.06.2026).
4. Зиновьев Ю. С. Мишина О. А. Глущенко А. А. Перспективы развития оптических телескопов наземного и космического базирования // Труды МАИ. 2018. №. 101. С. 24. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36300478> (дата обращения: 19.06.2026).
5. Панчук В. Е. Ключкова В. Г. Емельянов Э. В. Техника спектроскопии звезд на телескопах малых и умеренных диаметров // Астрофизический бюллетень. 2021. Т. 76, №. 2. С. 248-272. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45724390> (дата обращения: 19.06.2026).
6. Закинян А. Р. Панчук А. В. Атмосферная турбулентность и потери света при спектроскопии астрономических объектов // Системный синтез и прикладная синергетика : Сборник научных работ XI Всероссийской научной конференции, п. Нижний Архыз, 27 сентября 01 2022 года. Ростов-на-Дону - Таганрог: Южный федеральный университет, 2022. С. 300-303. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50349031> (дата обращения: 19.06.2026).