А.В. Ворон

Обоснование введения «Золотого модуля» в физической инженерии на базе Масштабированной системы счисления Бергмана (SBNS)

Аннотация. В статье предложена и математически обоснована концепция новой универсальной единицы линейного размера – «Золотого модуля» ($M_g = X_2 = 0{,}2 \times \varphi^2 \approx 0{,}52360679775$ м), производного от базиса Масштабированной системы счисления Бергмана (SBNS). Показано, что данная величина аппроксимирует трансцендентную константу $\pi/6$ с относительной погрешностью 0,00153 %, что позволяет перевести расчёты сферических, цилиндрических и волновых структур из трансцендентного базиса в рекуррентный базис Фибоначчи-Бергмана без накопления ошибок округления. На основе статистического анализа диапазона $k = 1\ldots103$ доказан эффект нелинейного сжатия сложности (кодирование величин, кратных M_g, в Рабочем Коде «А» снижает среднее число активных разрядов (единиц) на 18,49 % (с 9,79 до 7,98) и сокращает глубину разрядной сетки на 4 младших разряда (с X_{-12} до X_{-8}) по сравнению с десятичными целыми числами). Сформирована гипотетическая φ-ричная шкала инженерных калибров и обоснован механизм взаимной компенсации технологических допусков в конструкциях на базе теоремы о симметрии усечения.

Ключевые слова: масштабированная система счисления Бергмана (SBNS), Золотой модуль, фильтр четности, инвариантность четности, теорема о симметрии усечения, инженерная метрология, оптимизация конструкций.

Введение. Современная микроэлектроника, вычислительная техника и физическая инженерия, базирующиеся на классических принципах дискретизации и метрических стандартах (традиционный метр и двоичный базис), вплотную приблизились к технологическим ограничениям. Попытки аппроксимировать непрерывные физические процессы (такие как волновые поля, гидродинамические потоки, геометрию купольных систем или лопаток турбин) в рамках целочисленной дискретности вынуждают инженеров искусственно наращивать разрядность, усложнять логические схемы и мириться с лавинообразным ростом погрешностей округления.

В качестве фундаментальной альтернативы, развивающей идеи арифметики золотой пропорции [1], автором ранее была предложена и формализована Масштабированная система счисления Бергмана (SBNS) – позиционный код с иррациональным основанием (золотым сечением φ) и фиксированным весовым масштабным коэффициентом $k = 0{,}2$ [2]. Введение масштабного коэффициента 0,2 позволило устранить главные недостатки традиционной системы Бергмана [3] – «эффект блуждающего переноса» и «бесконечный информационный хвост».

Настоящая работа является логическим развитием теории SBNS и направлена на перенос ее математического аппарата из области численных абстракций в область практического проектирования и метрологии через введение расчетной единицы – Золотого модуля (M_g).

Золотой модуль (M_g) детерминируется как вес второго позиционного разряда (X_2) в разрядной сетке SBNS (1):

$$M_g = X_2 = 0{,}2 \times \varphi^2 = 0{,}2 \times \left(\left(1 + \sqrt{(5)}\right)/2\right)^2 \approx 0{,}52360679775 \text{ м} \qquad (1)$$

Помимо жесткой увязки с экспоненциальным масштабированным рядом золотой пропорции, данная величина обладает глубоким физико-геометрическим смыслом: она с высокой точностью аппроксимирует трансцендентное значение $\pi/6 \approx 0{,}523598$. Как известно из стереометрии, коэффициент $\pi/6$ является базовым множителем, связывающим линейный диаметр сферического тела с его физическим объемом ($V = \frac{\pi}{6} D^3$).

При этом алгебраическое значение $M_g = \frac{1}{5}\varphi^2 \approx 0{,}5236068$ м отличается от трансцендентной константы $\frac{\pi}{6} \approx 0{,}5235988$ всего на 8,02 мкм (относительная разница составляет 0,00153 %, а величина $6\,M_g \approx 3{,}14164$ совпадает с классическим инженерным округлением $\pi \approx 3{,}1416$ до четвертого знака после запятой). В реальном строительстве, машиностроении и гидроаэродинамике технологические допуски на изготовление узлов составляют от 50 мкм до нескольких миллиметров, что на порядки перекрывает данное расхождение. Таким образом, принятие M_g за базовый линейный квант позволяет без потери практической геометрической точности перевести расчеты сферических, цилиндрических и волновых конструкций из трансцендентного базиса в рекуррентный базис Фибоначчи–Бергмана (SBNS), полностью устраняя накопление ошибок округления в вычислительных регистрах.

Главным преимуществом использования Золотого модуля является минимизация физических элементов, переключателей или узлов соединения (стыков, швов, креплений), которые в реальном пространстве эквивалентны активным разрядам («единицам») числового кода. Благодаря аддитивному закону Фибоначчи ($X_n = X_{n-1} + X_{n-2}$) и аппаратному фильтру четности [2], распределение линейных величин по сетке M_g демонстрирует эффект нелинейного сжатия сложности при укрупнении масштабов конструкций.

Для верификации данного феномена в таблице 1 приведено сравнение структуры Рабочих Кодов «А» SBNS для десятичных целых чисел от 1 до 10 и ближайших к ним значений, кратных Золотому модулю M_g. В ПРИЛОЖЕНИИ А представлены расчетные значения и статистические показатели параметров в Коде «А» (k = 1…103). По результатам статистической обработки данных (ПРИЛОЖЕНИЕ А) зафиксировано, что в среднем активных единиц меньше у произведений чисел на коэффициент 0,52360679775 в среднем 7,98 единицы против 9,79 у близких по величине целых чисел. Различия составляют 22,68 % (при росте) или 18,49 % (при снижении). В 75 случаях из 103 код произведения компактнее кода ближайшего целого числа, в 26 случаях их длины равны и лишь в 2 случаях (при k = 11, 76) у произведения единиц больше.

Таблица 1 – Сравнение структуры Рабочих Кодов «А» SBNS чисел от 1 до 10 и ближайших к ним значений, кратных Золотому модулю M_g. Коды SBNS сравниваемых чисел представлены в ПРИЛОЖЕНИИ В

Десятичное целое число	Количество единиц в коде «А» SBNS целого числа	Ближайшее число, кратное Золотому модулю (M_g)	Метрическое значение, м	Соответствующий код «А» для кратного значения M_g (активные разряды (n))	Количество единиц в коде «А» SBNS кратного M_g	Аппаратный выигрыш (разница в битах)
1	4	$2M_g$	1,0472135955	$n = \{3, 0\}$	2	+2 единицы
2	7	$4M_g$	2,094427191	$n = \{4, 1, 0, -1, -2\}$	5	+2 единицы
3	6	$6M_g$	3,1416407865	$n = \{5, 2, 1, -2\}$	4	+2 единицы
4	5	$8M_g$	4,188854382	$n = \{6, 1, 0, -3, -4\}$	5	0 (паритет)
5	7	$10M_g$	5,2360679775	$n = \{6, 3, 2, -1, -2, -3, -4\}$	7	0 (паритет)
6	8	$12M_g$	6,283281573	$n = \{7, 0, -1, -2, -3, -4\}$	6	+2 единицы
7	8	$14M_g$	7,3304951685	$n = \{7, 4, -1, -4\}$	4	+4 единицы
8	10	$15M_g$	7,85410196625	$n = \{7, 4, 1, 0, -1, -4\}$	6	+4 единицы
9	8	$17M_g$	8,90131556175	$n = \{7, 4, 3, 2, 1, -4\}$	6	+2 единицы
10	7	$19M_g$	9,94852915725	$n = \{8, 1, 0, -5, -6\}$	5	+2 единицы

Анализ таблицы 1 подтверждает эффект нелинейного сжатия сложности на всей исследованной шкале: переход к сетке, кратной Золотому модулю M_g, ни в одном из случаев не увеличивает аппаратную сложность кода, а в 8 из 10 позиций обеспечивает прямой выигрыш от 2 до 4 активных разрядов. Наиболее ярко феномен сжатия проявляется в точках

$14\ M_g$ (7,3305 м) и $15\ M_g$ (7,8541 м), где экономия достигает 4 активных единиц по сравнению с ближайшими целыми метрическими значениями (7 м и 8 м). Например, для величины $14\ M_g$ Рабочий Код «А» содержит всего 4 активных разряда ($n = \{7, 4, -1, -4\}$) (против 8 единиц у целого числа 7), а для значения $6\ M_g \approx \pi$ (3,1416 м) требуется всего 4 единицы ($n = \{5, 2, 1, -2\}$) вместо 6 для числа 3.

В любых позиционных системах счисления с нецелым основанием операция программного или аппаратного усечения разрядной сетки неизбежно порождает накапливающуюся погрешность. Однако, как было доказано автором в Теореме о симметрии усечения, при масштабе 0,2 (дробь 1/5) иррациональные числовые значения весов разрядов на 10–12 знаке после запятой закономерно оканчиваются на цифру 5 (или зеркальную ей пару). Эти концевые пятерки усеченных чисел взаимно «гасят» друг друга, при сложении превращаясь в нули.

При переносе данного математического феномена в материаловедение и строительную механику мы получаем закон автоматической компенсации технологических допусков. Если линейные параметры деталей, шаги опор и толщины элементов кратны Золотому модулю (M_g), то при сборке конструкций в рамках дуальных форм (Кода «А» и Кода «Б» SBNS) микродефекты изготовления и отклонения реальной геометрии будут взаимно компенсировать друг друга в узлах соединений. Система возвращается к точному целому значению, предотвращая локальную концентрацию напряжений и исключая образование скрытых зон усталости материала.

Причина и математическая закономерность. Коэффициент 0,52360679775 – это точный вес второго положительного разряда системы SBNS: $X_2 = 0{,}2 \times \varphi^2 \approx 0{,}52360679775$. Из-за этого умножение натурального числа k на X_2 подчиняется трём закономерностям.

1. Сдвиг классического базиса Джорджа Бергмана. Любое натуральное число k раскладывается в классической системе Бергмана (без масштабного коэффициента 0,2) в конечную сумму степеней золотого сечения $k = \sum \varphi^{bj}$. Умножение на $X_2 = 0{,}2 \times \varphi^2$ превращает это разложение в $k \times X_2 = \sum 0{,}2 \times \varphi^{bj+2} = \sum X_{bj+2}$, то есть просто сдвигает индексы всех активных разрядов на +2 без появления лишних «хвостов» от масштабного коэффициента 0,2 = 1/5.

2. Отсутствие «целочисленного хвоста». У обычных целых чисел (1, 2, 3…) из-за деления на 0,2 (фактически умножения на $5 = \varphi^3 + \varphi^{-1} + \varphi^{-4}$) младший активный разряд уходит глубоко в отрицательную область (до X_{-8}, X_{-10}, X_{-12}). У чисел вида $k \times X_2$ младший разряд останавливается значительно раньше (максимум на X_{-8} при $k = 47…103$, а для $k = 1$ – это вообще один разряд X_2).

3. Эффект чисел Люка ($L_{2m} = 3, 7, 18, 47$). В классической системе Бергмана числа Люка с чётным индексом равны сумме двух степеней: $L_{2m} = \varphi^{2m} + \varphi^{-2m}$. При умножении на X_2 они дают всего два разряда X_{2m+2} и X_{-2m+2} одинаковой чётности. После применения правила четности младший разряд расщепляется на два соседних, и любое такое произведение кодируется ровно 3 единицами (например, $7 \times X_2 \rightarrow \{6, -3, -4\}$; $18 \times X_2 \rightarrow \{8, -5, -6\}$; $47 \times X_2 \rightarrow \{10, -7, -8\}$). Напротив, числа перед ними ($k = 11, 29, 76$) порождают максимально длинные сплошные цепочки единиц.

Вывод для архитектуры вычислений. Использование «естественных» квантов системы SBNS (таких как $X_0 = 0{,}2$ или $X_2 = 0{,}2 \times \varphi^2$) в качестве шага дискретизации датчиков, АЦП или весов нейросетей даёт аппаратный выигрыш по сравнению с привязкой к привычным десятичным целым числам: в среднем активных единиц на 18,5 % меньше, а разрядная сетка требует на 4 младших разряда меньше без потери точности.

В системе счисления SBNS аппаратно выгоднее кодировать числа, кратные опорному весу $X_2 \approx 0{,}52360679775$ (или $X_0 = 0{,}2$), чем привычные целые числа (1, 2, 3…). Выбор между ними зависит от того, решает ли система внутренние задачи вычислений (нейросети, ЦОС, датчики) или обменивается данными с внешними десятичными системами.

Почему числа с коэффициентом 0,523606… лучше для «железа»? Коэффициент 0,52360679775 является собственным базисным весом сетки ($X_2 = 0{,}2 \times \varphi^2$), поэтому для таких чисел система работает в «родном» режиме без искусственного пересчёта.

Меньше энергопотребление. В среднем код содержит 7,98 активной единицы вместо 9,79 у целых чисел. В цифровой схемотехнике меньше единиц означает меньше переключений транзисторов и ниже нагрев.

Короче разрядная сетка. Младший активный разряд останавливается на 4 позиции раньше (максимум на X_{-8} вместо X_{-12} для диапазона до 103), что позволяет физически отключать младшие ячейки регистров.

Отсутствие «хвоста» масштабирования. Обычное целое число – это уже результат деления на 0,2 (умножения на 5), что искусственно раздувает длину его кода. Число вида $k \times X_2$ избавлено от этого лишнего множителя (таблица 2).

Таблица 2 – Когда лучше выбрать целое число, а когда – $k \times 0{,}523606\ldots$

Сценарий применения	Что лучше кодировать	Почему
Внутренние вычисления, ИИ, фильтры ЦОС	$k \times 0{,}523606\ldots$	Веса нейросетей и коэффициенты фильтров можно сразу нормировать под шаг X_2. Это сократит число операций сложения и размер регистров на ~18–28 %.
АЦП и оцифровка аналоговых сигналов	$k \times 0{,}523606\ldots$	Если задать шаг квантования АЦП равным весу X_2, сигнал сразу попадает в компактный код SBNS без промежуточного преобразования.
Бухгалтерия, ввод/вывод для человека, десятичные датчики	Целые числа	Если данные изначально приходят в десятичном виде, умножать их на 0,523606… ради экономии единиц бессмысленно – сама операция умножения потратит больше тактов, чем сэкономит короткий код.

Обсуждение результатов исследования. Идея введения «Золотого модуля» ($M_g = X_2 \approx 0{,}52360679775$ м) решает сразу две задачи – устраняет «штраф целочисленности» в разрядной сетке SBNS и связывает линейные размеры с геометрией окружности и сферы. Выбор именно X_2 превращает абстрактный вес в физически осмысленный инженерный эталон. Сильные стороны предложенного эталона M_g.

1. Прямая связь с числом π и стереометрией. Значение M_g отличается от трансцендентной константы $\pi/6$ всего на 8,02 мкм, что составляет 0,00153 %. Величина 6 $M_g \approx 3{,}14164$ м совпадает с инженерным значением π до четвёртого знака, позволяя считать объёмы сфер ($V \approx M_g \times D^3$) и длины окружностей без накопления ошибок округления.

2. Минимальная аппаратная и конструктивная сложность. Поскольку M_g совпадает со вторым разрядом сетки SBNS, любые конструкции с размерами $k \times M_g$ кодируются в среднем 7,98 единицами вместо 9,79 у обычных метров. Это напрямую сокращает число физических стыков, узлов крепления или логических элементов.

3. Автоматическая компенсация допусков. При проектировании деталей в дуальных формах Кода «А» и Кода «Б» микроотклонения размеров взаимно гасятся за счёт симметрии усечения концевых пятёрок. Узел при сборке возвращается к точному расчётному значению без концентрации локальных напряжений.

Что важно учесть для превращения M_g в полноценный стандарт. Шкала кратных и дольных единиц должна быть φ-ричной. Для инженеров привычны миллиметры и километры, но делить M_g на 10 или 1000 нельзя. Умножение или деление на 5 вернёт в код длинный дробный хвост, поэтому переход между масштабами нужно строить по степеням золотого сечения $M_{g,\,n} = M_g \times \varphi^n = X_{n+2}$.

Удобный «золотой миллиметр» уже есть в таблице весов. Отрицательный разряд $X_{-11} = 0{,}2 \times \varphi^{-11} \approx 0{,}001005$ м (1,005 мм) отличается от привычного миллиметра всего на 0,5 %. Он

может служить естественным мелким калибром для машиностроения без потери компактности кода SBNS и NFNS.

Границы применимости аппроксимации $\pi/6$. Расхождение в 8,02 мкм на один модуль действительно перекрывается строительными и общемашиностроительными допусками (50 мкм и выше). В прецизионной оптике и микромеханике с допусками 1–5 мкм разницу между 6 M_g и π необходимо учитывать как фиксированную калибровочную поправку.

Для построения полноценного инженерного стандарта на базе Золотого модуля ($M_g = X_2 \approx 0{,}52360679775$ м) все кратные и дольные единицы должны образовываться умножением на степени золотого сечения $M_g \times \varphi^n = X_{n+2}$. Это гарантирует, что каждый инженерный калибр в разрядной сетке SBNS представляется ровно одной активной единицей. В ПРИЛОЖЕНИИ Б собраны гипотетические ступени масштабирования с привязкой к привычным метрическим аналогам.

Можно гипотетически представить практический алгоритм работы инженера в стандарте M_g.

1. Выбор опорного калибра. Для узла задаётся минимальный технологический квант из таблицы – например, $X_{-11} \approx 1{,}005$ мм для машиностроения или $X_0 = 0{,}2$ м для строительства.

2. Нормирование размеров. Все габариты деталей назначаются кратными выбранному кванту с предпочтением чисел Люка (3, 7, 18, 47) или одиночных степеней X_n, чтобы минимизировать число стыков и крепежных узлов.

3. Проверка допусков через дуальную пару. Расчёт сборочных цепочек выполняется в Коде «А» и проверяется в Коде «Б», что гарантирует взаимную компенсацию производственных погрешностей в узлах сопряжения.

Сравнение SBNS и двоичной системы при переходе к M_g. Именно при измерении физических величин в единицах «Золотого модуля» (M_g) система SBNS выходит на паритет с двоичной системой по количеству активных разрядов (единиц) для целых чисел, а при работе с дробными и трансцендентными физическими величинами (например, π) – превосходит её. Если сменить базовую единицу измерения с метра на Золотой модуль, структура кода радикально упрощается.

1. Паритет с двоичной системой на целых кратных значениях Mg. Одиночный Золотой модуль (1 M_g) кодируется всего одной единицей. В двоичной системе целое число 1 записывается как 1 (одна единица), и в системе SBNS величина 1 M_g также занимает ровно один активный разряд X_2 (одна единица).

Числа Фибоначчи в единицах M_g также требуют минимум единиц. Например, величина 2 M_g в SBNS записывается как $X_3 + X_0$ (2 единицы), тогда как в двоичной системе число 2 (10) требует 1 единицу, а число 3 (11) – те же 2 единицы.

Исчезает главный балласт SBNS для произвольных целых кратных M_g. При кодировании обычных метров система SBNS тратила массу единиц на дробную часть, чтобы «собрать» ровный метр из иррациональных весов. Переход к сетке M_g убирает необходимость аппроксимировать метр, приближая плотность активных элементов к двоичному стандарту.

2. Превосходство над двоичной системой в реальной физике и геометрии.

Кодирование числа π и сферических объёмов. В классической двоичной системе величина $\pi \approx 3{,}14159\ldots$ является бесконечной непериодической дробью, поэтому для инженерной точности требуются десятки разрядов и множество активных битов. В системе SBNS эта же величина с высокой точностью равна 6 $M_g \approx 3{,}14164$ и кодируется всего 4 единицами (разряды X_5, X_2, X_1, X_{-2}).

Отсутствие накапливающейся погрешности. При вычислениях в двоичной системе округление иррациональных величин порождает ошибку, которая растёт с каждым тактом процессора или с каждым стыком в строительной конструкции. В SBNS при работе в единицах M_g погрешности усечения разрядов взаимно компенсируют друг друга за счёт симметрии концевых пятёрок.

Заключение.

1. Формализован и научно обоснован новый линейный эталон – «Золотой модуль» ($M_g = X_2 = 0{,}2 \times \varphi^2 \approx 0{,}52360679775$ м). Принятие веса второго позиционного разряда масштабированной системы счисления Бергмана (SBNS) за базовую единицу измерения устраняет «штраф целочисленности». Это позволяет напрямую интегрировать физические размеры макроструктур материального мира с разрядными регистрами вычислительных устройств без промежуточного масштабирования.

2. Доказана математическая и аппаратная эффективность кодирования величин, кратных M_g. Умножение натуральных чисел на вес X_2 сводится к простому сдвигу индексов классического базиса Бергмана на +2 без образования длинного дробного хвоста от масштабного коэффициента 0,2. Статистический анализ диапазона $k = 1…103$ подтвердил, что в Рабочем Коде «А» среднее количество активных единиц снижается с 9,79 (для десятичных целых чисел) до 7,98 (на 18,49 % меньше), а разрядная сетка сокращается на 4 младших разряда. В цифровой схемотехнике и нейропроцессорах это напрямую уменьшает число переключений транзисторов, тепловыделение и требуемый объём регистровой памяти.

3. Выявлен и верифицирован эффект нелинейного сжатия конструктивной сложности. При укрупнении масштабов физические размеры, кратные M_g, требуют меньше активных разрядов (а следовательно, меньше физических стыков, узлов крепления и логических элементов), чем привычные целые метрические величины. Наибольший выигрыш достигается на числах Люка с чётным индексом ($L_{2m} = 3, 7, 18, 47$), которые при умножении на M_g всегда кодируются ровно тремя активными единицами, а также в точках $14M_g$ и $15M_g$, где экономия достигает 4 активных разрядов по сравнению с ближайшими целыми метрами.

4. Установлена прямая связь эталона M_g со стереометрией и классической метрологией. Алгебраическое значение M_g аппроксимирует трансцендентную константу $\pi/6$ с отклонением всего 8,02 мкм (0,00153 %), а величина $6\ M_g \approx 3{,}14164$ м совпадает с инженерным округлением числа π до четвёртого знака после запятой и кодируется всего 4 единицами. Данное расхождение на порядки перекрывается стандартными допусками в строительстве и машиностроении, позволяя перевести расчёты сферических, цилиндрических и волновых систем из трансцендентного базиса в рекуррентный базис SBNS без накопления ошибок округления.

5. Обосновано прикладное значение теоремы о симметрии усечения и φ-ричной шкалы калибров. Проектирование узлов с размерами из φ-ричного ряда ($M_g \times \varphi^n = X_{n+2}$) и их проверка через дуальную пару Кодов «А» и «Б» обеспечивают взаимное гашение концевых пятёрок при усечении разрядов. В строительной механике и материаловедении это создаёт эффект автоматической компенсации технологических допусков, предотвращая локальную концентрацию напряжений и повышая статический и динамический ресурс конструкций.

Список литературы:

1. Стахов, А. П. Коды золотой пропорции / А. П. Стахов. – Москва: Радио и связь, 1984. – 152 с.

2. Ворон, А. В. Масштабированная система счисления Бергмана (SBNS) и фильтр Ворона как новый базис вычислительной техники // Академия Тринитаризма. – М., 2026.

3. Бергман, Дж. Система счисления с иррациональным основанием = A Number System with an Irrational Base / Дж. Бергман // Mathematics Magazine. – 1957. – Vol. 31, № 2. – P. 98–110.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А 1 – Расчетные значения и статистические показатели параметров в Коде «А» (k = 1…103)

Исходное число, k	Результат умножения, $Y = k \times 0{,}52360679775$	Активные разряды, Y (Код А)	Количество активных разрядов, $N\,Y$	Ближайшее целое число, Z	Активные разряды, Z (Код А)	Количество активных разрядов, $N\,Z$
1	0,52360679775	2	1	1	3, -2, -3, -4	4
2	1,04721359550	3, 0	2	1	3, -2, -3, -4	4
3	1,57082039325	4, -1, -2	3	2	4, 1, 0, -3, -4, -5, -6	7
4	2,09442719100	4, 1, 0, -1, -2	5	2	4, 1, 0, -3, -4, -5, -6	7
5	2,61803398875	5, 0, -1, -2	4	3	5, 2, -1, -2, -3, -6	6
6	3,14164078650	5, 2, 1, -2	4	3	5, 2, -1, -2, -3, -6	6
7	3,66524758425	6, -3, -4	3	4	6, 1, -2, -7, -8	5
8	4,18885438200	6, 1, 0, -3, -4	5	4	6, 1, -2, -7, -8	5
9	4,71246117975	6, 3, 0, -3, -4	5	5	6, 3, 2, -5, -6, -7, -8	7
10	5,23606797750	6, 3, 2, -1, -2, -3, -4	7	5	6, 3, 2, -5, -6, -7, -8	7
11	5,75967477525	6, 3, 2, 1, 0, -1, -2, -3, -4	9	6	7, -2, -3, -4, -5, -6, -7, -8	8
12	6,28328157300	7, 0, -1, -2, -3, -4	6	6	7, -2, -3, -4, -5, -6, -7, -8	8
13	6,80688837075	7, 2, 1, -2, -3, -4	6	7	7, 2, 1, 0, -1, -6, -7, -8	8
14	7,33049516850	7, 4, -1, -4	4	7	7, 2, 1, 0, -1, -6, -7, -8	8
15	7,85410196625	7, 4, 1, 0, -1, -4	6	8	7, 4, 1, 0, -1, -2, -3, -4, -5, -8	10
16	8,37770876400	7, 4, 3, 0, -1, -4	6	8	7, 4, 1, 0, -1, -2, -3, -4, -5, -8	10
17	8,90131556175	7, 4, 3, 2, 1, -4	6	9	7, 4, 3, 2, 1, -2, -3, -8	8
18	9,42492235950	8, -5, -6	3	9	7, 4, 3, 2, 1, -2, -3, -8	8
19	9,94852915725	8, 1, 0, -5, -6	5	10	8, 1, 0, -3, -4, -9, -10	7
20	10,47213595500	8, 3, 0, -5, -6	5	10	8, 1, 0, -3, -4, -9, -10	7
21	10,99574275275	8, 3, 2, -1, -2, -5, -6	7	11	8, 3, 2, -1, -2, -5, -6, -9, -10	9
22	11,51934955050	8, 3, 2, 1, 0, -1, -2, -5, -6	9	12	8, 5, 0, -1, -4, -5, -6, -9, -10	9
23	12,04295634825	8, 5, 0, -1, -2, -5, -6	7	12	8, 5, 0, -1, -4, -5, -6, -9, -10	9

Исходное число, k	Результат умножения, $Y = k \times 0{,}52360679775$	Активные разряды, Y (Код А)	Количество активных разрядов, $N\,Y$	Ближайшее целое число, Z	Активные разряды, Z (Код А)	Количество активных разрядов, $N\,Z$
24	12,56656314600	8, 5, 2, 1, -2, -5, -6	7	13	8, 5, 4, -7, -8, -9, -10	7
25	13,09016994375	8, 5, 4, -3, -4, -5, -6	7	13	8, 5, 4, -7, -8, -9, -10	7
26	13,61377674150	8, 5, 4, 1, 0, -3, -4, -5, -6	9	14	8, 5, 4, 3, -2, -3, -4, -7, -8, -9, -10	11
27	14,13738353925	8, 5, 4, 3, 0, -3, -4, -5, -6	9	14	8, 5, 4, 3, -2, -3, -4, -7, -8, -9, -10	11
28	14,66099033700	8, 5, 4, 3, 2, -1, -2, -3, -4, -5, -6	11	15	8, 5, 4, 3, 2, 1, 0, -3, -4, -5, -6, -7, -8, -9, -10	15
29	15,18459713475	8, 5, 4, 3, 2, 1, 0, -1, -2, -3, -4, -5, -6	13	15	8, 5, 4, 3, 2, 1, 0, -3, -4, -5, -6, -7, -8, -9, -10	15
30	15,70820393250	9, 0, -1, -2, -3, -4, -5, -6	8	16	9, 2, -1, -2, -3, -6, -7, -8, -9, -10	10
31	16,23181073025	9, 2, 1, -2, -3, -4, -5, -6	8	16	9, 2, -1, -2, -3, -6, -7, -8, -9, -10	10
32	16,75541752800	9, 4, -1, -4, -5, -6	6	17	9, 4, 1, -2, -5, -8, -9, -10	8
33	17,27902432575	9, 4, 1, 0, -1, -4, -5, -6	8	17	9, 4, 1, -2, -5, -8, -9, -10	8
34	17,80263112350	9, 4, 3, 0, -1, -4, -5, -6	8	18	9, 4, 3, 2, -3, -8, -9, -10	8
35	18,32623792125	9, 4, 3, 2, 1, -4, -5, -6	8	18	9, 4, 3, 2, -3, -8, -9, -10	8
36	18,84984471900	9, 6, -3, -6	4	19	9, 6, -1, -2, -7, -10	6
37	19,37345151675	9, 6, 1, 0, -3, -6	6	19	9, 6, -1, -2, -7, -10	6
38	19,89705831450	9, 6, 3, 0, -3, -6	6	20	9, 6, 3, 0, -1, -4, -7, -10	8
39	20,42066511225	9, 6, 3, 2, -1, -2, -3, -6	8	20	9, 6, 3, 0, -1, -4, -7, -10	8
40	20,94427191000	9, 6, 3, 2, 1, 0, -1, -2, -3, -6	10	21	9, 6, 3, 2, 1, 0, -1, -2, -3, -4, -5, -6, -7, -10	14
41	21,46787870775	9, 6, 5, 0, -1, -2, -3, -6	8	21	9, 6, 3, 2, 1, 0, -1, -2, -3, -4, -5, -6, -7, -10	14
42	21,99148550550	9, 6, 5, 2, 1, -2, -3, -6	8	22	9, 6, 5, 2, 1, -2, -3, -6, -7, -10	10
43	22,51509230325	9, 6, 5, 4, -1, -6	6	23	9, 6, 5, 4, 1, 0, -3, -4, -5, -10	10

Исходное число, k	Результат умножения, $Y = k \times 0{,}52360679775$	Активные разряды, Y (Код А)	Количество активных разрядов, $N\,Y$	Ближайшее целое число, Z	Активные разряды, Z (Код А)	Количество активных разрядов, $N\,Z$
44	23,03869910100	9, 6, 5, 4, 1, 0, -1, -6	8	23	9, 6, 5, 4, 1, 0, -3, -4, -5, -10	10
45	23,56230589875	9, 6, 5, 4, 3, 0, -1, -6	8	24	9, 6, 5, 4, 3, 2, -1, -2, -3, -10	10
46	24,08591269650	9, 6, 5, 4, 3, 2, 1, -6	8	24	9, 6, 5, 4, 3, 2, -1, -2, -3, -10	10
47	24,60951949425	10, -7, -8	3	25	10, 1, -2, -11, -12	5
48	25,13312629200	10, 1, 0, -7, -8	5	25	10, 1, -2, -11, -12	5
49	25,65673308975	10, 3, 0, -7, -8	5	26	10, 3, 2, -5, -6, -11, -12	7
50	26,18033988750	10, 3, 2, -1, -2, -7, -8	7	26	10, 3, 2, -5, -6, -11, -12	7
51	26,70394668525	10, 3, 2, 1, 0, -1, -2, -7, -8	9	27	10, 5, -2, -3, -4, -5, -6, -11, -12	9
52	27,22755348300	10, 5, 0, -1, -2, -7, -8	7	27	10, 5, -2, -3, -4, -5, -6, -11, -12	9
53	27,75116028075	10, 5, 2, 1, -2, -7, -8	7	28	10, 5, 2, 1, 0, -1, -6, -11, -12	9
54	28,27476707850	10, 5, 4, -3, -4, -7, -8	7	28	10, 5, 2, 1, 0, -1, -6, -11, -12	9
55	28,79837387625	10, 5, 4, 1, 0, -3, -4, -7, -8	9	29	10, 5, 4, 1, 0, -1, -2, -3, -4, -7, -8, -11, -12	13
56	29,32198067400	10, 5, 4, 3, 0, -3, -4, -7, -8	9	29	10, 5, 4, 1, 0, -1, -2, -3, -4, -7, -8, -11, -12	13
57	29,84558747175	10, 5, 4, 3, 2, -1, -2, -3, -4, -7, -8	11	30	10, 5, 4, 3, 2, 1, -2, -5, -6, -7, -8, -11, -12	13
58	30,36919426950	10, 5, 4, 3, 2, 1, 0, -1, -2, -3, -4, -7, -8	13	30	10, 5, 4, 3, 2, 1, -2, -5, -6, -7, -8, -11, -12	13
59	30,89280106725	10, 7, 0, -1, -2, -3, -4, -7, -8	9	31	10, 7, 2, -3, -6, -7, -8, -11, -12	9
60	31,41640786500	10, 7, 2, 1, -2, -3, -4, -7, -8	9	31	10, 7, 2, -3, -6, -7, -8, -11, -12	9
61	31,94001466275	10, 7, 4, -1, -4, -7, -8	7	32	10, 7, 4, -1, -2, -5, -8, -11, -12	9
62	32,46362146050	10, 7, 4, 1, 0, -1, -4, -7, -8	9	32	10, 7, 4, -1, -2, -5, -8, -11, -12	9

Исходное число, k	Результат умножения, $Y = k \times 0{,}52360679775$	Активные разряды, Y (Код А)	Количество активных разрядов, $N\,Y$	Ближайшее целое число, Z	Активные разряды, Z (Код А)	Количество активных разрядов, $N\,Z$
63	32,98722825825	10, 7, 4, 3, 0, -1, -4, -7, -8	9	33	10, 7, 4, 3, 0, -1, -4, -5, -8, -11, -12	11
64	33,51083505600	10, 7, 4, 3, 2, 1, -4, -7, -8	9	34	10, 7, 6, -9, -10, -11, -12	7
65	34,03444185375	10, 7, 6, -5, -6, -7, -8	7	34	10, 7, 6, -9, -10, -11, -12	7
66	34,55804865150	10, 7, 6, 1, 0, -5, -6, -7, -8	9	35	10, 7, 6, 3, -2, -3, -4, -9, -10, -11, -12	11
67	35,08165544925	10, 7, 6, 3, 0, -5, -6, -7, -8	9	35	10, 7, 6, 3, -2, -3, -4, -9, -10, -11, -12	11
68	35,60526224700	10, 7, 6, 3, 2, -1, -2, -5, -6, -7, -8	11	36	10, 7, 6, 3, 2, 1, 0, -3, -4, -5, -6, -9, -10, -11, -12	15
69	36,12886904475	10, 7, 6, 3, 2, 1, 0, -1, -2, -5, -6, -7, -8	13	36	10, 7, 6, 3, 2, 1, 0, -3, -4, -5, -6, -9, -10, -11, -12	15
70	36,65247584250	10, 7, 6, 5, 0, -1, -2, -5, -6, -7, -8	11	37	10, 7, 6, 5, 2, -1, -2, -3, -6, -9, -10, -11, -12	13
71	37,17608264025	10, 7, 6, 5, 2, 1, -2, -5, -6, -7, -8	11	37	10, 7, 6, 5, 2, -1, -2, -3, -6, -9, -10, -11, -12	13
72	37,69968943800	10, 7, 6, 5, 4, -3, -4, -5, -6, -7, -8	11	38	10, 7, 6, 5, 4, 1, -2, -7, -8, -9, -10, -11, -12	13
73	38,22329623575	10, 7, 6, 5, 4, 1, 0, -3, -4, -5, -6, -7, -8	13	38	10, 7, 6, 5, 4, 1, -2, -7, -8, -9, -10, -11, -12	13
74	38,74690303350	10, 7, 6, 5, 4, 3, 0, -3, -4, -5, -6, -7, -8	13	39	10, 7, 6, 5, 4, 3, 2, -5, -6, -7, -8, -9, -10, -11, -12	15
75	39,27050983125	10, 7, 6, 5, 4, 3, 2, -1, -2, -3, -4, -5, -6, -7, -8	15	39	10, 7, 6, 5, 4, 3, 2, -5, -6, -7, -8, -9, -10, -11, -12	15
76	39,79411662900	10, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0, -1, -2, -3, -4, -5, -6, -7, -8	17	40	11, -2, -3, -4, -5, -6, -7, -8, -9, -10, -11, -12	12
77	40,31772342675	11, 0, -1, -2, -3, -4, -5, -6, -7, -8	10	40	11, -2, -3, -4, -5, -6, -7, -8, -9, -10, -11, -12	12

Исходное число, k	Результат умножения, $Y = k \times 0{,}52360679775$	Активные разряды, Y (Код А)	Количество активных разрядов, $N\,Y$	Ближайшее целое число, Z	Активные разряды, Z (Код А)	Количество активных разрядов, $N\,Z$
78	40,84133022450	11, 2, 1, -2, -3, -4, -5, -6, -7, -8	10	41	11, 2, 1, 0, -1, -6, -7, -8, -9, -10, -11, -12	12
79	41,36493702225	11, 4, -1, -4, -5, -6, -7, -8	8	41	11, 2, 1, 0, -1, -6, -7, -8, -9, -10, -11, -12	12
80	41,88854382000	11, 4, 1, 0, -1, -4, -5, -6, -7, -8	10	42	11, 4, 1, 0, -1, -2, -3, -4, -5, -8, -9, -10, -11, -12	14
81	42,41215061775	11, 4, 3, 0, -1, -4, -5, -6, -7, -8	10	42	11, 4, 1, 0, -1, -2, -3, -4, -5, -8, -9, -10, -11, -12	14
82	42,93575741550	11, 4, 3, 2, 1, -4, -5, -6, -7, -8	10	43	11, 4, 3, 2, 1, -2, -3, -8, -9, -10, -11, -12	12
83	43,45936421325	11, 6, -3, -6, -7, -8	6	43	11, 4, 3, 2, 1, -2, -3, -8, -9, -10, -11, -12	12
84	43,98297101100	11, 6, 1, 0, -3, -6, -7, -8	8	44	11, 6, 1, 0, -3, -4, -7, -10, -11, -12	10
85	44,50657780875	11, 6, 3, 0, -3, -6, -7, -8	8	45	11, 6, 3, 2, -1, -2, -5, -6, -7, -10, -11, -12	12
86	45,03018460650	11, 6, 3, 2, -1, -2, -3, -6, -7, -8	10	45	11, 6, 3, 2, -1, -2, -5, -6, -7, -10, -11, -12	12
87	45,55379140425	11, 6, 3, 2, 1, 0, -1, -2, -3, -6, -7, -8	12	46	11, 6, 5, 0, -1, -4, -5, -6, -7, -10, -11, -12	12
88	46,07739820200	11, 6, 5, 0, -1, -2, -3, -6, -7, -8	10	46	11, 6, 5, 0, -1, -4, -5, -6, -7, -10, -11, -12	12
89	46,60100499975	11, 6, 5, 2, 1, -2, -3, -6, -7, -8	10	47	11, 6, 5, 4, -5, -10, -11, -12	8
90	47,12461179750	11, 6, 5, 4, -1, -6, -7, -8	8	47	11, 6, 5, 4, -5, -10, -11, -12	8
91	47,64821859525	11, 6, 5, 4, 1, 0, -1, -6, -7, -8	10	48	11, 6, 5, 4, 3, -2, -3, -4, -5, -10, -11, -12	12
92	48,17182539300	11, 6, 5, 4, 3, 0, -1, -6, -7, -8	10	48	11, 6, 5, 4, 3, -2, -3, -4, -5, -10, -11, -12	12
93	48,69543219075	11, 6, 5, 4, 3, 2, 1, -6, -7, -8	10	49	11, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0, -1, -10, -11, -12	12
94	49,21903898850	11, 8, -5, -8	4	49	11, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0, -1, -10, -11, -12	12

Исходное число, k	Результат умножения, $Y = k \times 0{,}52360679775$	Активные разряды, Y (Код А)	Количество активных разрядов, $N\,Y$	Ближайшее целое число, Z	Активные разряды, Z (Код А)	Количество активных разрядов, $N\,Z$
95	49,74264578625	11, 8, 1, 0, -5, -8	6	50	11, 8, 1, 0, -1, -2, -3, -4, -9, -12	10
96	50,26625258400	11, 8, 3, 0, -5, -8	6	50	11, 8, 1, 0, -1, -2, -3, -4, -9, -12	10
97	50,78985938175	11, 8, 3, 2, -1, -2, -5, -8	8	51	11, 8, 3, 2, 1, -2, -5, -6, -9, -12	10
98	51,31346617950	11, 8, 3, 2, 1, 0, -1, -2, -5, -8	10	51	11, 8, 3, 2, 1, -2, -5, -6, -9, -12	10
99	51,83707297725	11, 8, 5, 0, -1, -2, -5, -8	8	52	11, 8, 5, 2, -3, -6, -9, -12	8
100	52,36067977500	11, 8, 5, 2, 1, -2, -5, -8	8	52	11, 8, 5, 2, -3, -6, -9, -12	8
101	52,88428657275	11, 8, 5, 4, -3, -4, -5, -8	8	53	11, 8, 5, 4, -1, -2, -7, -8, -9, -12	10
102	53,40789337050	11, 8, 5, 4, 1, 0, -3, -4, -5, -8	10	53	11, 8, 5, 4, -1, -2, -7, -8, -9, -12	10
103	53,93150016825	11, 8, 5, 4, 3, 0, -3, -4, -5, -8	10	54	11, 8, 5, 4, 3, 0, -1, -4, -7, -8, -9, -12	12
$X_{ср.}$ $\pm\,\sigma$		–	7,98 ± 2,78	$X_{ср.}$ $\pm\,\sigma$	–	9,79 ± 2,74
V, %.		–	34,78 %	V, %.	–	27,99 %

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б 1 – Шкала инженерных калибров (дольные и кратные единицы M_g) (ключевые ступени масштабирования – от микромеханики до градостроительства и геодезии – с привязкой к привычным метрическим аналогам)

Инженерный калибр (условно)	Связь с модулем M_g	Разряд сетки SBNS (X_n)	Метрическое значение	Ближайший привычный аналог
Микромодуль	$M_g \times \varphi^{-18}$	X_{-16}	0,0906 мм	0,1 мм (толщина волоса / тонкого листа)
Малый калибр	$M_g \times \varphi^{-13}$	X_{-11}	1,005 мм	1 мм (отличие всего 0,5 %)
Базовый шаг резьбы / сетки	$M_g \times \varphi^{-8}$	X_{-6}	11,146 мм	1 см, шаг крепежа (10–12 мм)
Конструкционный дюйм	$M_g \times \varphi^{-6}$	X_{-4}	29,180 мм	1 дюйм (25,4 мм) / 3 см
Малый строительный модуль	$M_g \times \varphi^{-3}$	X_{-1}	123,607 мм	Половина стандартного кирпича (120–125 мм)
Децимодуль (ЦЭМ)	$M_g \times \varphi^{-2}$	X_0	200,000 мм	20 см (точное десятичное значение)
Золотой модуль (M_g)	$M_g \times \varphi^0$	X_2	523,607 мм	Царский локоть / π/6 м
Шаг пролета / плиты	$M_g \times \varphi^3$	X_5	2,218 м	Высота дверного проема (2,1–2,2 м)
Крупный строительный шаг	$M_g \times \varphi^5$	X_7	5,807 м	Стандартный шаг колонн сетки (6 м)
Квартальный модуль	$M_g \times \varphi^{11}$	X_{13}	104,200 м	100 м (отличие 4,2 %)
Киломодуль	$M_g \times \varphi^{16}$	X_{18}	1155,599 м	1 км (укрупненная верста)

Таблица В 1 – Коды SBNS для целых чисел от 1 до 10 и ближайших к ним значений чисел, кратных Золотому модулю (M_g)

Число	Количество единиц в коде числа	$0{,}2 \times \varphi^8$	$0{,}2 \times \varphi^7$	$0{,}2 \times \varphi^6$	$0{,}2 \times \varphi^5$	$0{,}2 \times \varphi^4$	$0{,}2 \times \varphi^3$	$0{,}2 \times \varphi^2$	$0{,}2 \times \varphi^1$	ЦЭМ	$0{,}2 \times \varphi^{-1}$	$0{,}2 \times \varphi^{-2}$	$0{,}2 \times \varphi^{-3}$	$0{,}2 \times \varphi^{-4}$	$0{,}2 \times \varphi^{-5}$	$0{,}2 \times \varphi^{-6}$	$0{,}2 \times \varphi^{-7}$	$0{,}2 \times \varphi^{-8}$	$0{,}2 \times \varphi^{-9}$	$0{,}2 \times \varphi^{-10}$
		9,39574275275	5,80688837075	3,588854382	2,21803398875	1,37082039325	0,8472135955	0,52360679775	0,32360679775	0,2	0,12360679775	0,07639320225	0,0472135955	0,02917960675	0,01803398875	0,011145618	0,00688837075	0,00425724725	0,0026311235	0,00162612375
		8	7	6	5	4	3	2	1	0	–1	–2	–3	–4	–5	–6	–7	–8	–9	–10
$2M_g = 1{,}0472135955$	2						1			1										
1	4						1					1	1	1						
$4M_g = 2{,}094427191$	5					1			1	1	1	1								
2	7					1			1	1			1	1	1	1				
$6M_g = 3{,}1416407865$	4				1			1	1			1								
3	6				1			1			1	1	1			1				
$8M_g = 4{,}188854382$	5			1					1	1			1	1						
4	5			1					1			1					1	1		
$10M_g = 5{,}2360679775$	7			1			1	1			1	1	1	1						
5	7			1			1	1							1	1	1	1		
$12M_g = 6{,}283281573$	6		1							1	1	1	1	1						
6	8		1									1	1	1	1	1	1	1		
$14M_g = 7{,}3304951685$	4		1			1					1			1						
7	8		1					1	1	1	1					1	1	1		
$15M_g = 7{,}85410196625$	6		1			1			1	1	1			1						
8	10		1			1			1	1	1	1	1	1	1			1		
$17M_g = 8{,}90131556175$	6		1			1	1	1	1					1						
9	8		1			1	1	1	1			1	1					1		
$19M_g = 9{,}94852915725$	5	1							1	1					1	1				
10	7	1							1	1			1	1					1	1