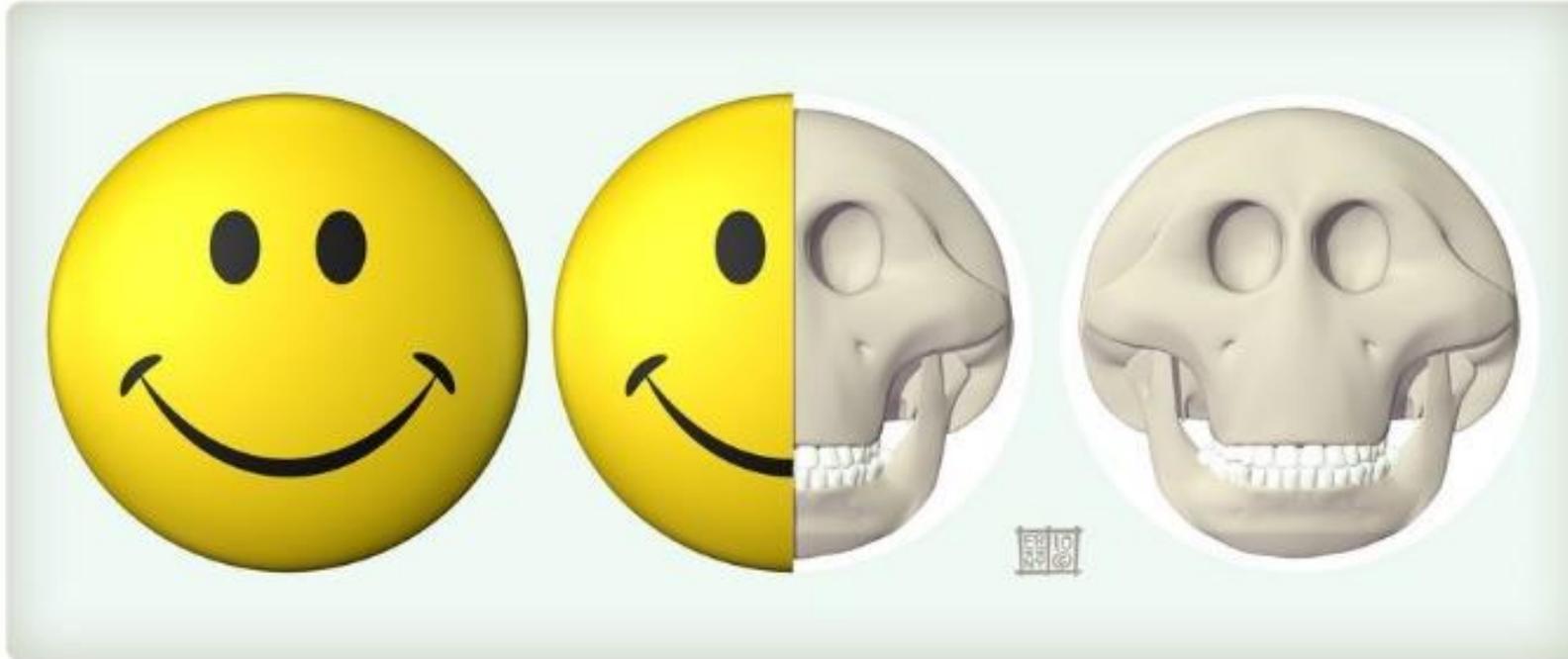


# Что там внутри у текстовых редакторов



[Alexey.Kudravnsev@jetbrains.com](mailto:Alexey.Kudravnsev@jetbrains.com)

# Содержание

В течение ближайшего томительного часа автор намеревается осветить несколько структур данных внутри текстовых редакторов (и IDE), рассказать, как хранят текст некоторые известные редакторы, объяснить, какая структура данных лучше подходит для редактирования, а какая – для анализа, а потом, выпивши воды, открыть, какие сложности встречаются из-за больших текстов и какие алгоритмы используются для их преодоления, а также показать, что такое zero-latency typing в IntelliJ IDEA, после чего отвлечься на коллаборативные редакторы и, опомнившись и пройдясь мимоходом по OT vs. CRDT, углубиться неглубоко в Zipper.

Бегите, пока не поздно, глупцы!

# Фигня вопрос: пишем свой редактор

```
public class BabyEditor {
```

```
    StringBuffer text;
```

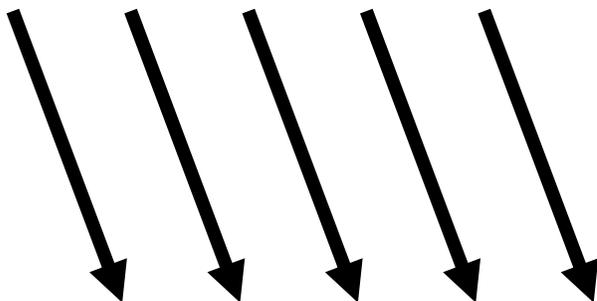
```
    char charAt(int offset) {  
        return text.charAt(offset);  
    }
```

```
    void insert(int offset, String fragment) {  
        text.insert(offset, fragment);  
    }
```

```
}
```

# Проблема: Слишком много букв

К	у	л	ь	т	у	р	о	л	о	г	и	и	
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--



К	у	л	ь	т		у	р	о	л	о	г	и	и
---	---	---	---	---	--	---	---	---	---	---	---	---	---

# Слишком много букв? Gap Buffer!

```
class GapEditor {  
    char[] text;  
    int gapStart;  
    int gapEnd;  
  
    char charAt(int offset) {  
        return offset < gapStart ? text[offset]  
            : text[offset + gapEnd - gapStart];  
    }  
  
    void insert(int offset, String fragment) {  
        // подвинуть gap  
        // скопировать fragment  
        // переаллоцировать gap  
    }  
}
```

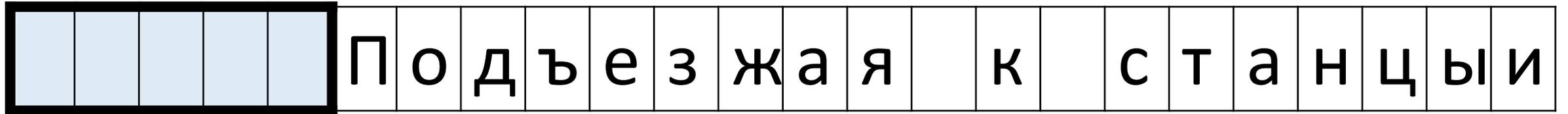
Слишком много букв? Gap Buffer!

|Подъезжая

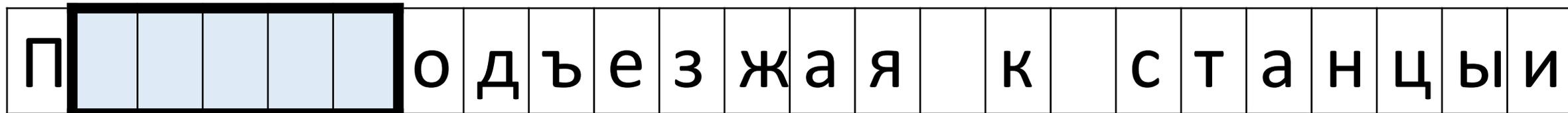
# Слишком много букв? Gap Buffer!

П	О	Д	Ъ	Е	З	Ж	А	Я		К		С	Т	А	Н	Ц	Ы	И
---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	---	--	---	---	---	---	---	---	---

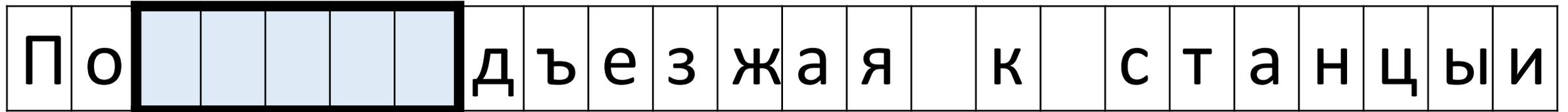
# Слишком много букв? Gap Buffer!



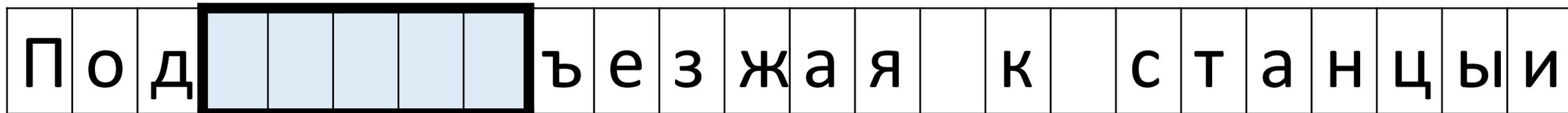
# Слишком много букв? Gap Buffer!



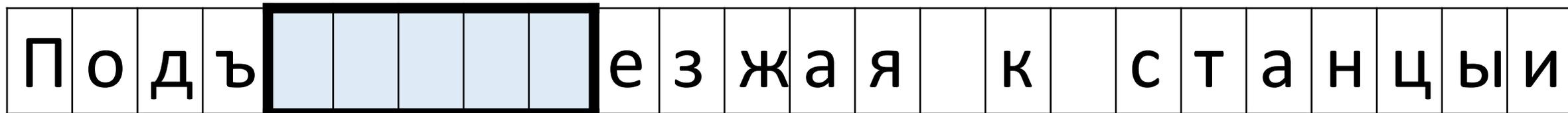
# Слишком много букв? Gap Buffer!



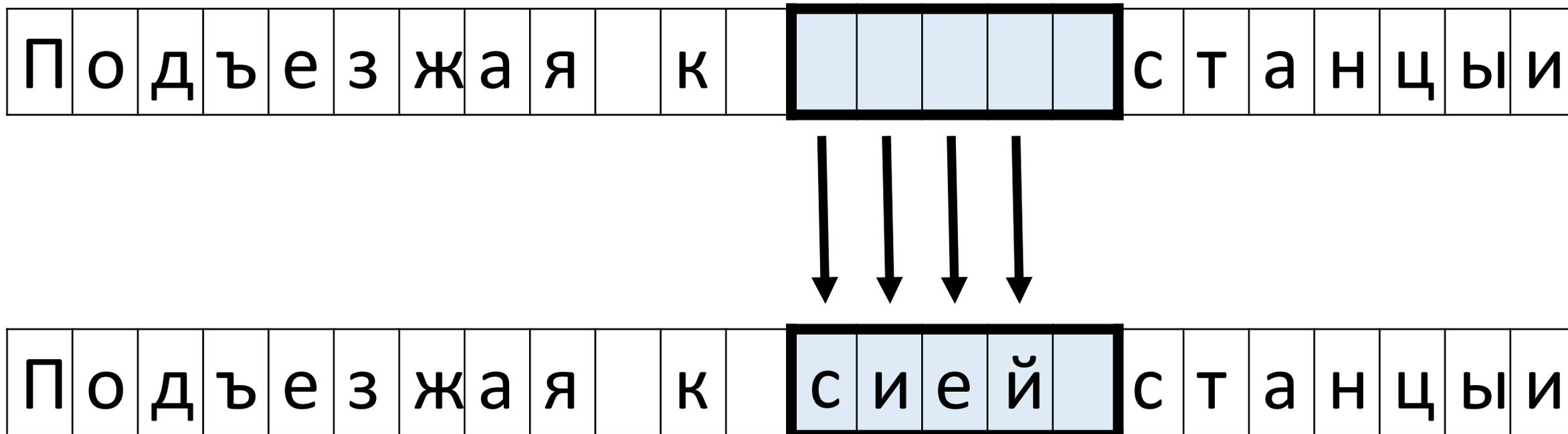
# Слишком много букв? Gap Buffer!



# Слишком много букв? Gap Buffer!



# Слишком много букв? Gap Buffer!





# Процессор 4.77 Mhz? Piece Table!

```
class AncientEditor {  
    char[] originalText;  
    List<Piece> table;  
  
    char charAt(int offset) {  
        Piece piece = locatePiece(offset);  
        return piece == null ? originalText[offset]  
            : piece.charAt(pieceIndex);  
    }  
  
    void insert(int offset, String fragment) {  
        Piece p = allocatePiece(offset, fragment);  
        table.add(p);  
    }  
}
```

# Процессор 4.77 Mhz? Piece Table!

0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
О	б	л	о	м		о	в	ц	ы		-		л	ю	д	и	,								

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Piece Table:

--	--	--	--	--

# Процессор 4.77 Mhz? Piece Table!

0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Облом				овцы				-	люди,																

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Piece Table:

0-4	6-10			
-----	------	--	--	--

# Процессор 4.77 Mhz? Piece Table!

0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
О	б	л	о	м		о	в	ц	ы		-		л	ю	д	и	,								

страдающие обломовщиной.

Piece Table:

0-4	6-10	0-24		
-----	------	------	--	--

# Процессор 4.77 Mhz? Piece Table!

- + Быстро вставлять
- + Легко сделать undo
- + Append-only
  
- Ужасно сложно обращаться с документу
- Ужасно сложно реализовать

Кто

NetBeans

Eclipse

Vi

Word 1.1a

Emacs

Atom

Intellij IDEA

По какие дрова

Gap Buffer

Gap Buffer

List<Line>

Piece table

Gap Buffer

Piece-table-inspired  
(Patches+splay tree)

?

# Проблема: Конкуррентность/Версионность

Десятки параллельных процессов.

Что делать?

- `synchronized()`? Ха-Ха.
- R/W Locks? Неа.
- Fancy locks? Да ну на.

# Конкурентность? Immutable Text!

```
class ImmutableEditor {
```

```
    ImmutableText text;
```

```
    char charAt(int offset) {
```

```
        Leaf l = text.locateLeaf(offset);
```

```
        return l.charAt(leafIndex);
```

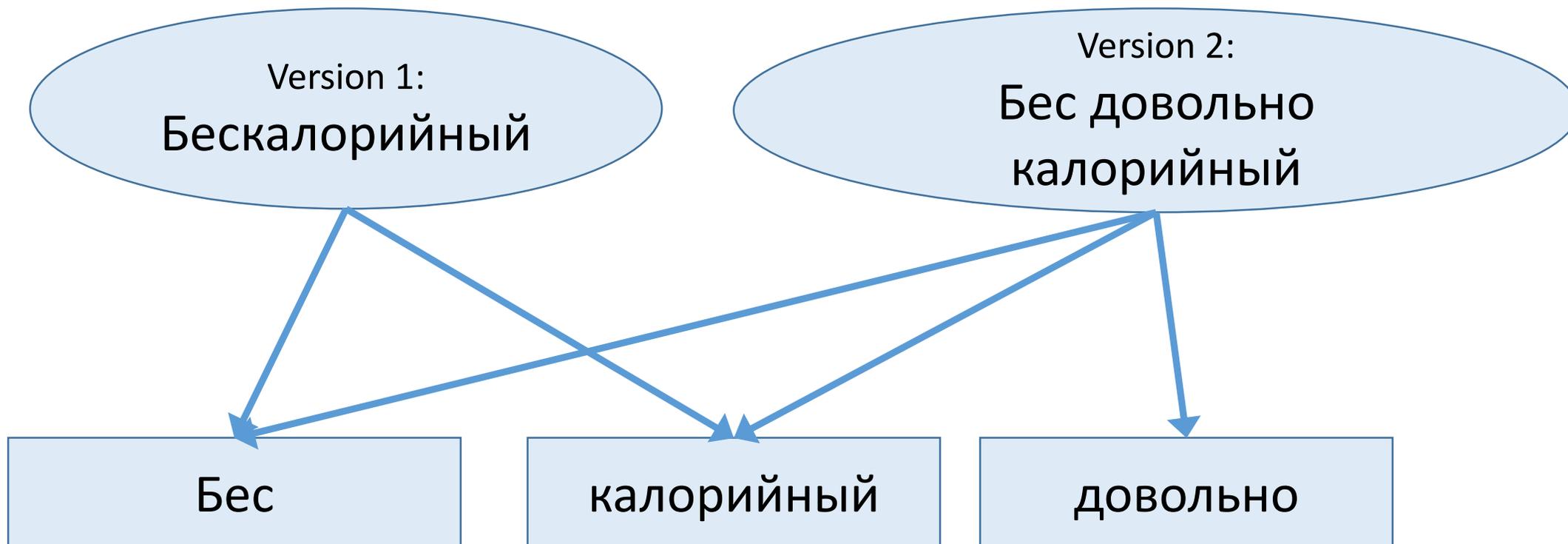
```
    }
```

```
    void insert(int offset, String fragment) {
```

```
        text = text.insert(offset, fragment);
```

```
    }
```

# Конкуррентность? Immutable Text!



Кто

-GNOME'

GtkTextBuffer

-Xi-Editor

-IntelliJ IDEA

По какие дрова

Rope

Persistent Rope

Immutable Tree

# Не хочется много печатать? Multi-carets!

|ъезд

|ход

|коп

|кат

|агра

|дых

# Не хочется много печатать? Multi-carets!

П|ъезд

П|ход

П|коп

П|кат

П|агра

П|дых

# Не хочется много печатать? Multi-carets!

По|ъезд

По|ход

По|коп

По|кат

По|агра

По|дых

# Не хочется много печатать? Multi-carets!

Под|ъезд

Под|ход

Под|коп

Под|кат

Под|агра

Под|дых

# Ну кто же, кто же выиграл?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Baby Editor	<b><math>O(N)</math></b>	<b><math>O(C * N)</math></b>
Gap Buffer Editor	<b><math>O(1)</math></b>	<b><math>O(C * L)</math></b> , где <b>L</b> – расстояние между каретками
Immutable Tree Editor	<b><math>O(\log N)</math></b>	<b><math>O(C * \log N)</math></b>
Piece Table Editor	<b><math>O(1)</math></b>	<b><math>O(C)</math></b> (но потом фиг прочитаешь обратно)

# Ну кто же, кто же выиграл?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Baby Editor	<b><math>O(N)</math></b>	<b><math>O(C * N)</math></b>
Gap Buffer Editor	<b><math>O(1)</math></b>	<b><math>O(C * L)</math>, где L – расстояние между каретками</b>
Immutable Tree Editor	<b><math>O(\log N)</math></b>	<b><math>O(C * \log N)</math></b>
Piece Table Editor	<b><math>O(1)</math></b>	<b><math>O(C)</math> (но потом фиг прочитаешь обратно)</b>



# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками

Ч е [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] , д е н ь г и е с т ь ?

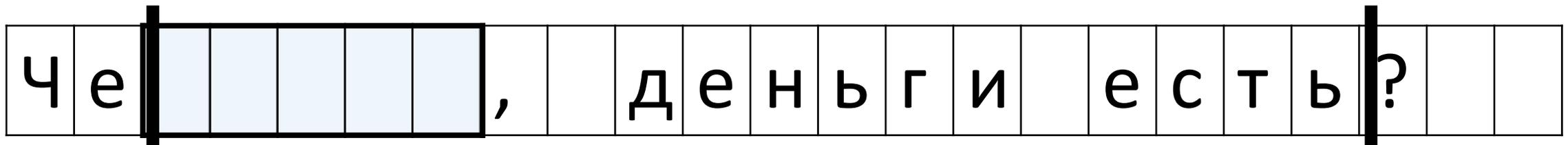
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b><math>O(1)</math></b>	<b><math>O(C * L)</math></b> , где <b>L</b> – расстояние между каретками

Ч е [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] , д е н ь г и е с т ь ?

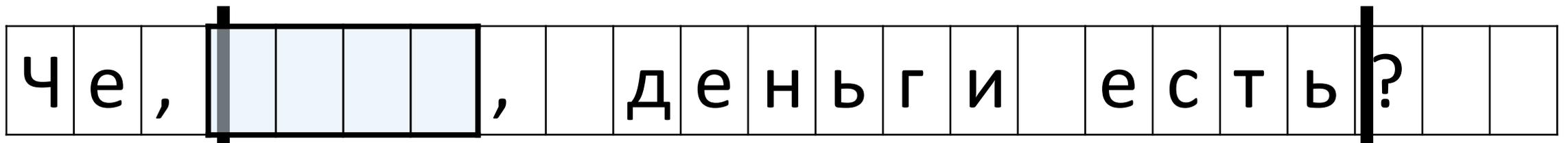
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками



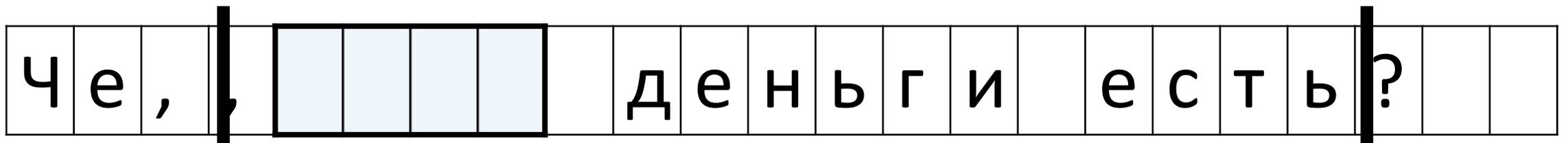
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками



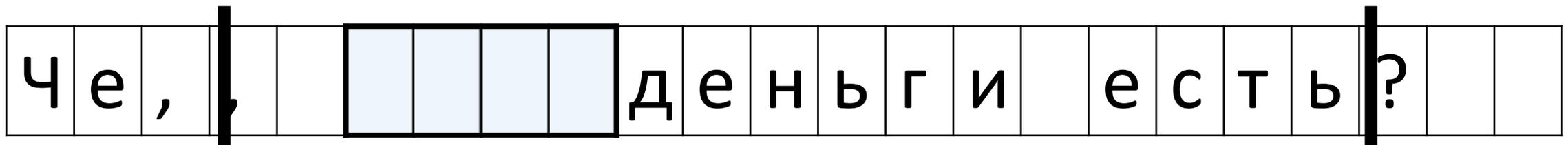
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками



# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

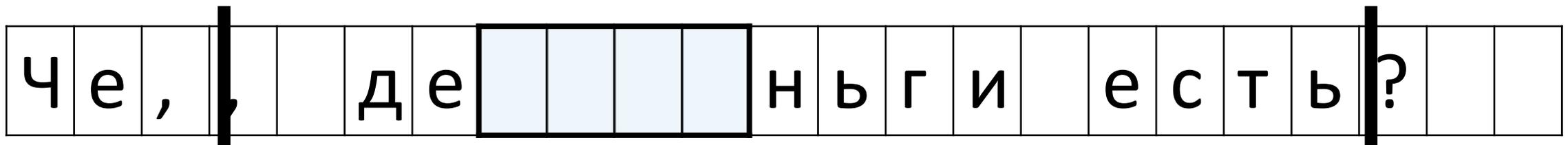
Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b><math>O(1)</math></b>	<b><math>O(C * L)</math></b> , где <b>L</b> – расстояние между каретками





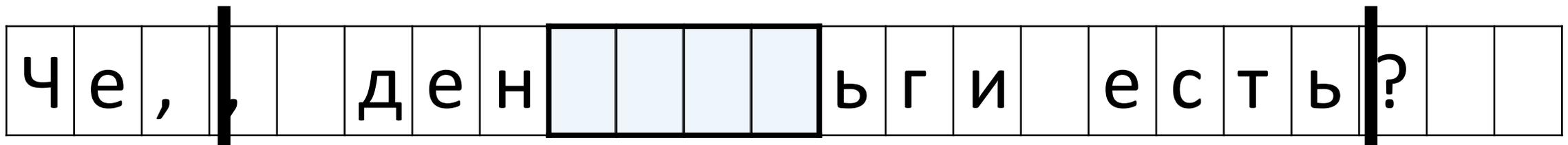
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками



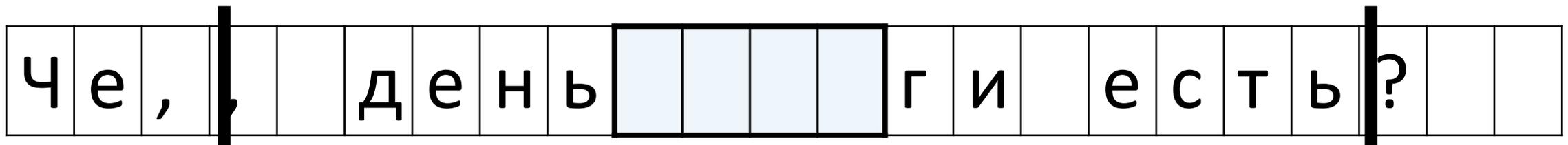
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками



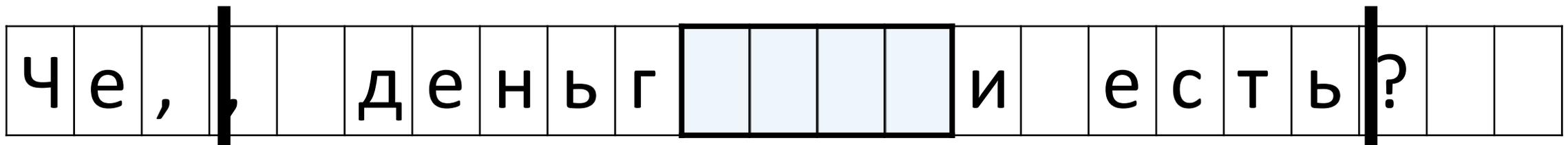
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками



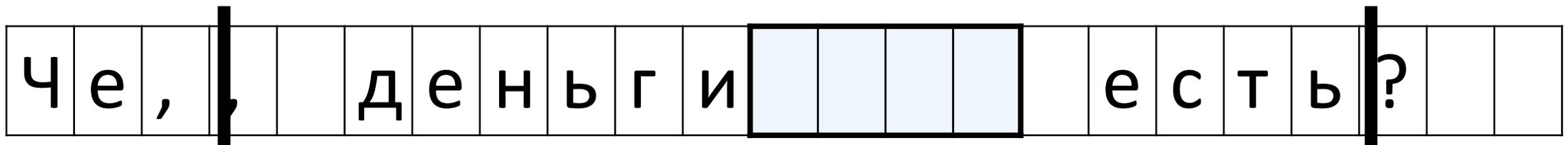
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b><math>O(1)</math></b>	<b><math>O(C * L)</math></b> , где <b>L</b> – расстояние между каретками



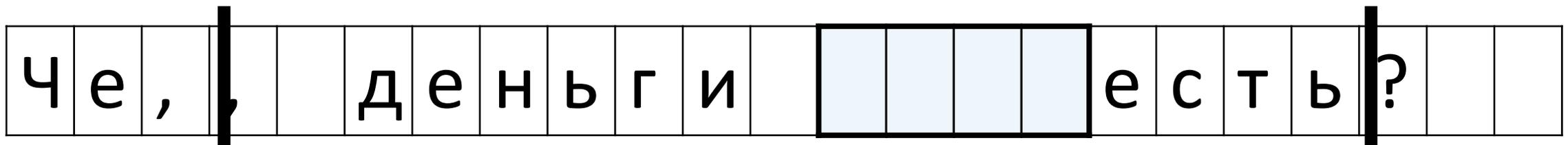
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками



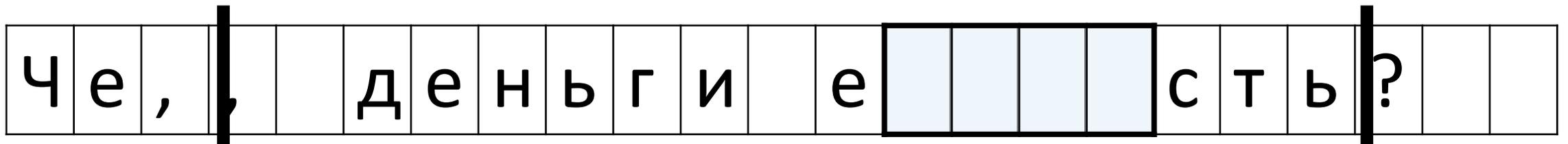
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками



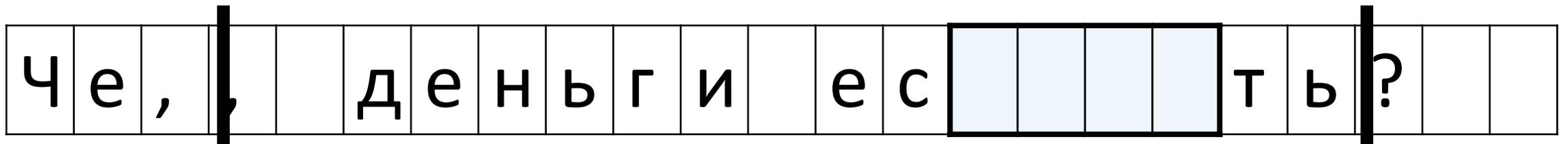
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками



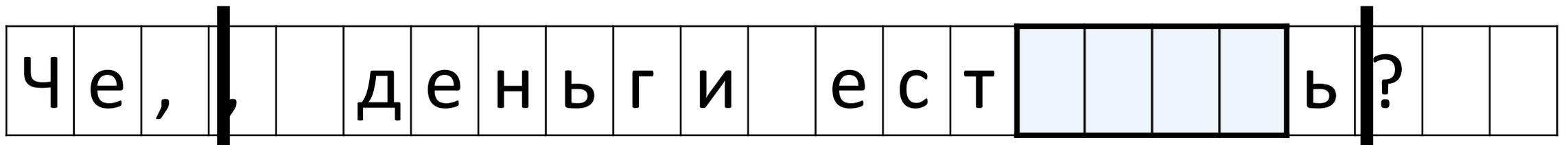
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками



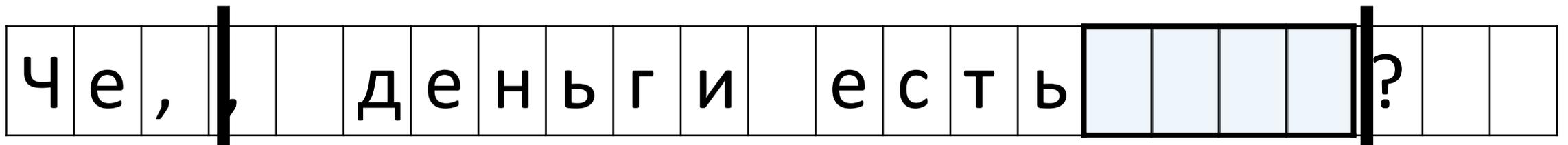
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками



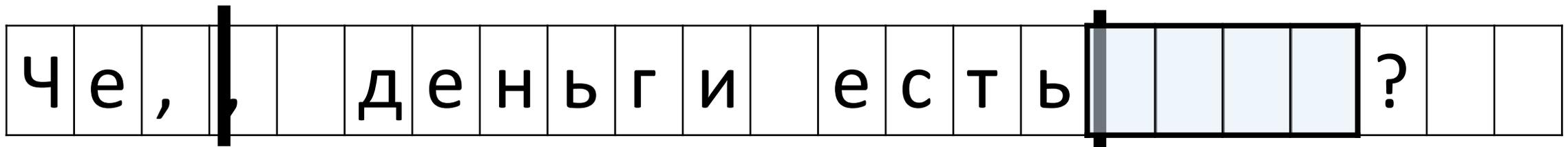
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками



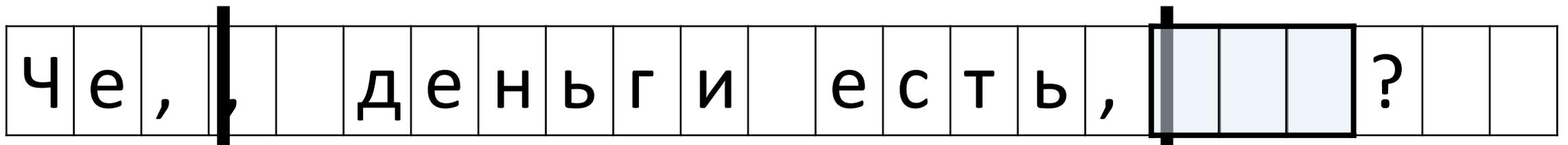
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками



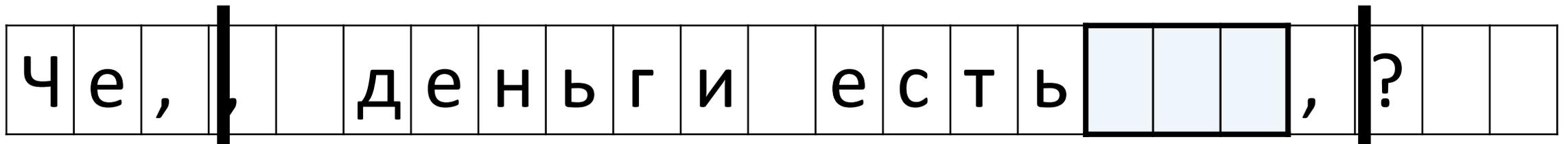
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками



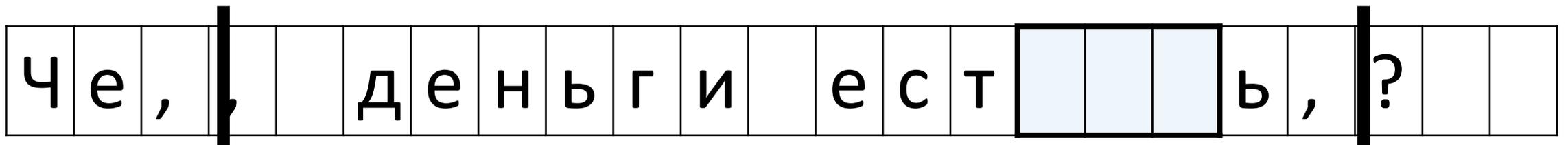
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками



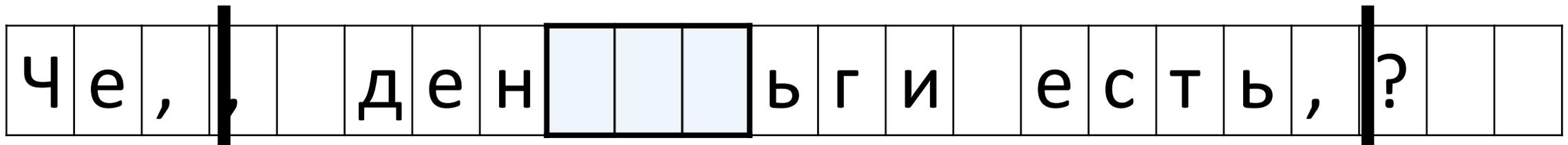
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками



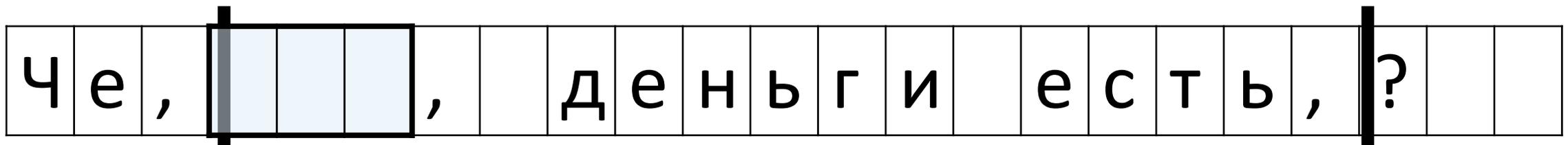
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками



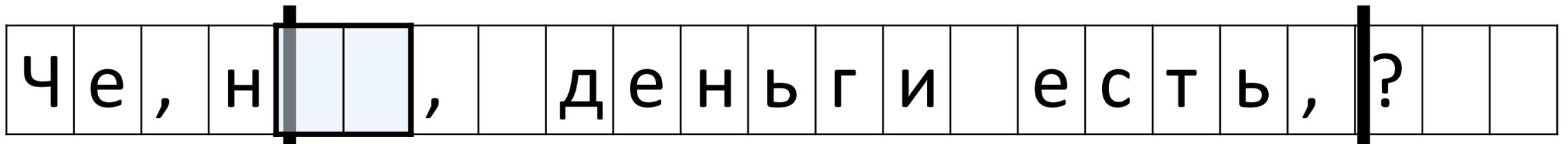
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками



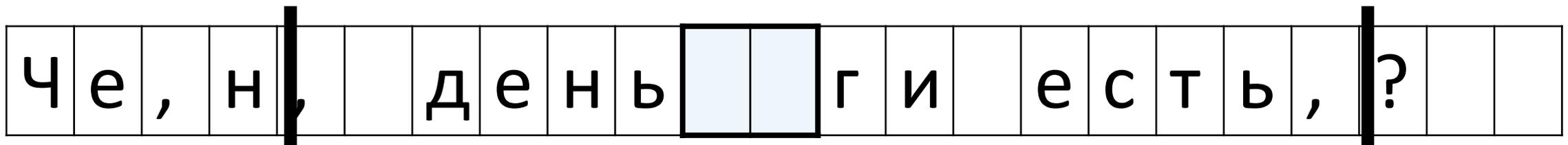
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками



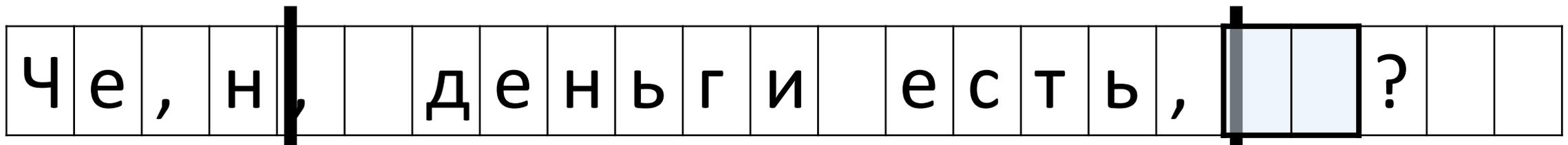
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками



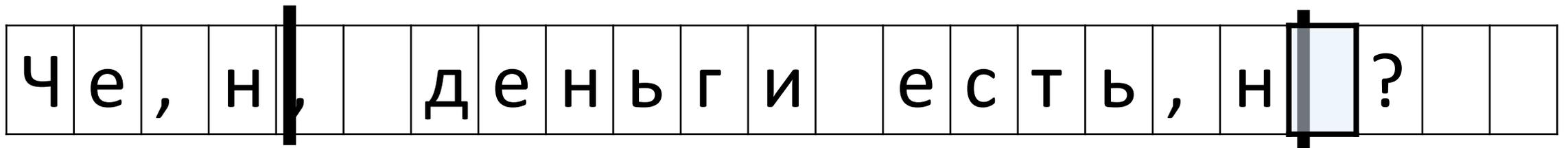
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b><math>O(1)</math></b>	<b><math>O(C * L)</math></b> , где <b>L</b> – расстояние между каретками



# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками



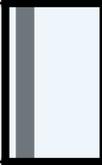
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками

Ч е , н ,   д е н ь     г и   е с т ь ,   н ?

# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками

Ч е , н  , д е н ь г и е с т ь , н ?

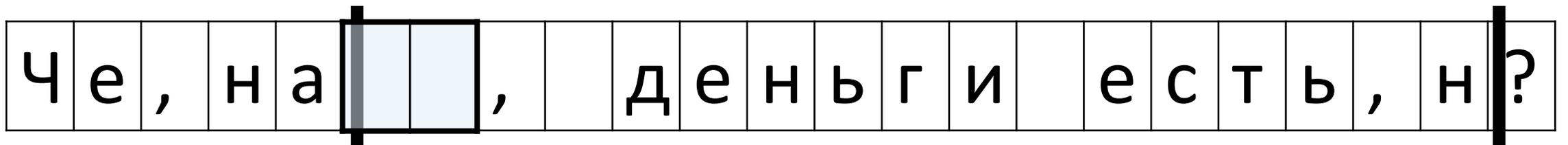
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками

Ч е , н а ,   д е н ь г и   е с т ь ,   н ?

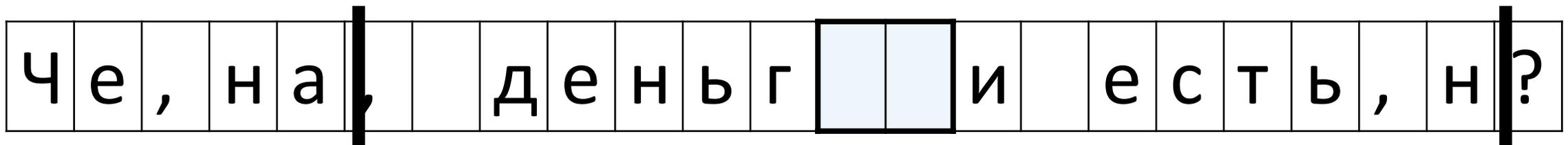
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками



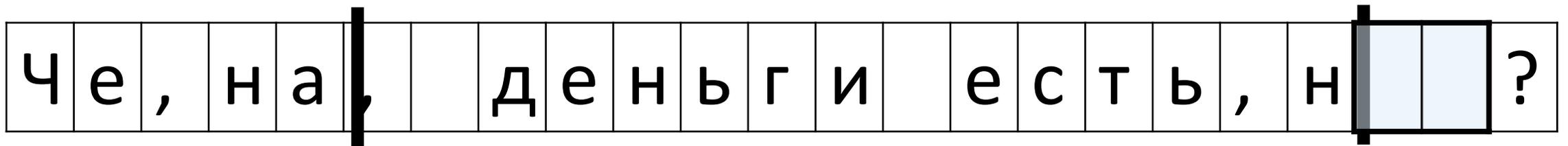
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками



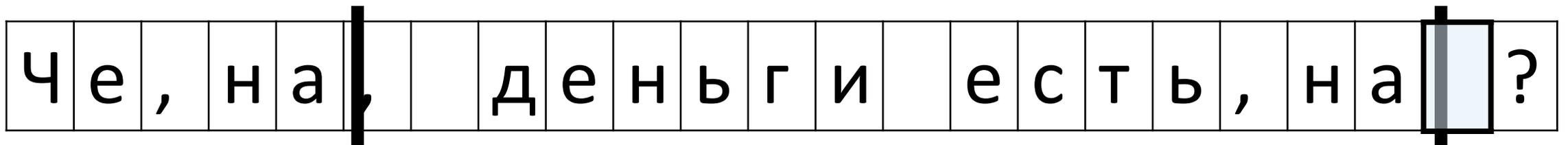
# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками



# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками



# Что случилось с нашим Gap-Buffer?

Кто	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b>	Вставка одного символа в документ длины <b>N</b> в случае <b>C</b> мульти-кареток
Gap Buffer Editor	<b>O(1)</b>	<b>O(C * L)</b> , где L – расстояние между каретками

Ч е , н а ,   д е н ь г и   е с т ь , н а ?

# Проблема: Слишком много строчек

И малюткам кот ответил,  
Потрясая бородой:  
- Отправляйтесь в школу, дети!..  
Окунь плачет под водой.

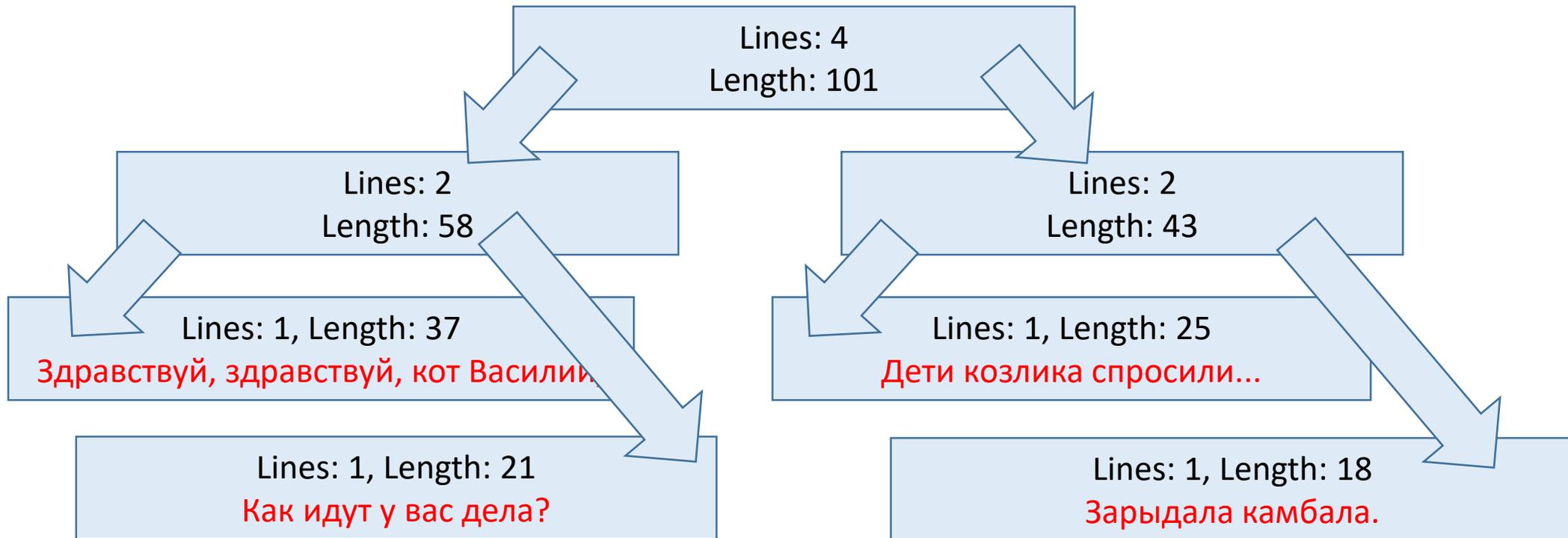
Сотворил АТИЛЛА



# Слишком много строчек? LineSet!

```
interface LineSet {  
    int getLineStart(int line);  
    int getLineNumber(int offset);  
}
```

# Слишком много строчек? LineSet!



# Слишком много строчек? LineSet!

Line	Start	End	Text
1	0	37	Здравствуй, здравствуй, кот Василий,
2	37	58	Как идут у вас дела?
3	58	83	Дети козлика спросили...
4	83	101	Зарыдала камбала.

Кто	Что	Read	Update
Eclipse	TreeLine Tracker	$O(\log N)$	$O(\log N)$
IDEA	LineSet	$O(1)$	$O(N)$

# Все еще слишком много строчек? Foldings!

```
/. . . /
```

```
package com.intellij.codeInsight.editorActi  
import . . .
```

```
/DeprecatedIsStillUsed, ConstantConditions/
```

```
public class TypedHandler extends TypedActi  
.. public Object.getQuoteHandler() { return.
```

# Слишком длинные строки? Soft wrap!

```
!function(e){"use strict";function t(){function e(r){var i=this;return i instanceof e?(r instanceof e?(i.s=r.s,i.e=r.e,i.c=r.c.slice()):n(i,r),void(i.constructor=e)):void 0===r?t():new e(r)}return e.prototype=g,e.DP=c,e.RM=u,e.E_NEG=1,e.E_POS=a,e}function r(e,t,r){var n=e.constructor,s=t-(e=new n(e)).e,o=e.c;for(o.length>+t&&i(e,s,n.RM),o[0]?r?s=t:(o=e.c,s=e.e+s+1):++s;o.length<s;o.push(0));return s=e.e,1===r||r&&(s>=t||s<=n.E_NEG)?(e.s<0&&o[0]?"-":"")+o.length>1?o[0]+ "."+o.join("").slice(1):o[0])+(0>s?"e":"e+")+s:e.toString()}function n(e,t){var r,n,i;for(0===t&&0>1/t?t="-0":p.test(t+="")||s(NaN),e.s="-"==t.charAt(0)?(t=t.slice(1),-1):1,(r=t.indexOf("."))>-1&&(t=t.replace(".", "")),(n=t.search(/e/i))>0?(0>r&&(r=n),r+=+t.slice(n+1),t=t.substring(0,n)):0>r&&(r=t.length),i=t.length,n=0;i>n&&"0"==t.charAt(n);n++);if(n==i)e.c=[e.e=0];else{for(;i>0&&"0"==t
```

# Проблема: Слишком мало красоты

```
.. public static
.. void autoPopupCompletion(int unused,
..     @NotNull Editor editor2,
..     char charTyped, @NotNull
..     if (charTyped == '.' || isAutoPopup(editor2, f
..     AutoPopupController.getInstance(project).aut
..     }
.. }
```

# Проблема: Слишком мало красоты

```
.. public static
.. void autoPopupCompletion (int unused,
..                               @NotNull Editor editor2,
..                               char charTyped, @NotNull
..                               if (charTyped == '.' || isAutoPopup(editor2, f:
..                               AutoPopupController.getInstance(project).auto
..                               }
.. }
```

# Слишком мало красоты? Range highlighters!

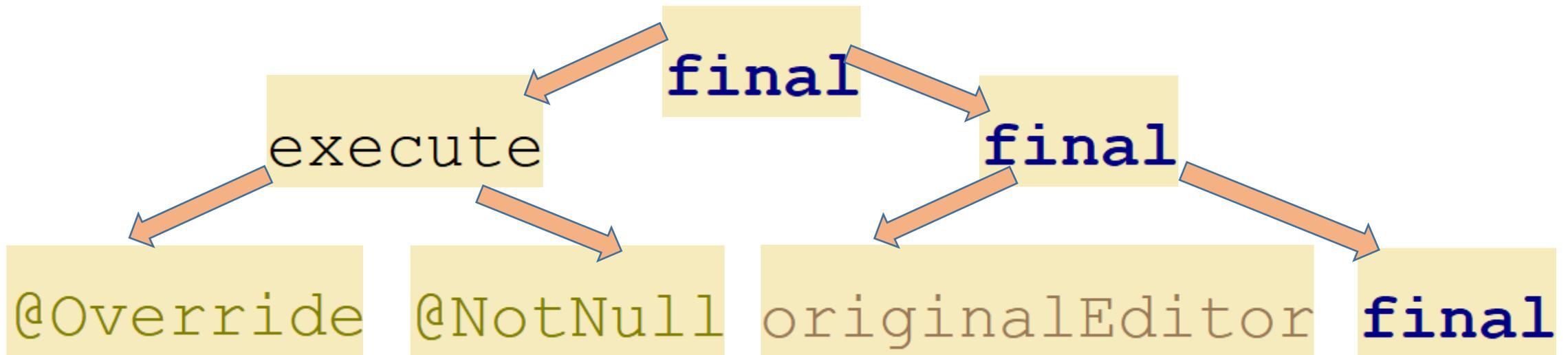
```
interface MarkupModel {  
    .. RangeHighlighter.addRangeHighlighter(int start, int end,  
    | ..... TextAttributes.attrs);  
}
```

# Проблема: Слишком много красоты

```
+ /.../  
package com.intellij.codeInsight.editorActions;  
+ import ...  
  
@SuppressWarnings({"DeprecatedIsStillUsed", "ConstantConditions"})  
public class TypedHandler extends TypedActionHandlerBase {  
+ .. public Object getQuoteHandler() { return quoteHandlers; }  
  
+ .. public TypedHandler(TypedActionHandler originalHandler) { super(origi  
  
.. @Nullable  
+ .. public static QuoteHandler getQuoteHandler(@NotNull PsiFile file, @Not  
  
.. private static final Set<Character> COMPLEX_CHARS =  
.. | new HashSet<>(Arrays.asList(...a: '\\n', '\\t', '(', ')', '<', '>', '['
```

# Слишком много красоты? Interval tree

```
.. @Override  
.. public void execute (@NotNull final Editor originalEditor, .  
.. final Project project = CommonDataKeys.PROJECT.getData (o  
.. final PsiFile originalFile;
```



# Еще хочется красоты? Ligatures!

```
.. val dataFlavors = []  
.. Collections.addAll(dataFlavors, DataFlavor.  
.. val flavor = RawText.dataFlavor  
.. if (myRawText != null && flavor != null)  
.. | dataFlavors += flavor  
.. }
```

# Проблема: Тайпинг тормозит

Что происходит при нажатии пробела:

- Если мы в completion popup, закончить completion
- Сделать VCS checkout для текущего файла, если нужно
- Проверить текущий guard region в документе
- Если документ заблокирован отложенной операцией, доформатировать
- Найти injected документ, если имеется в этом месте
- Вызвать у всех плагинов auto popup handler
- Обновить parameter info
- Вызвать у всех плагинов selection remove handler
- Убрать selection
- Удалить выделенный фрагмент
- Вызвать у всех плагинов beforeCharTyped handler для поддержки typeover
- Обработать закрывающую структурную скобку для текущего языка
- Запустить команду для поддержки undo
- Подсчитать пробелы для virtual space
- Запустить write action
- **Вставить символ в документ**
- Удалить символы если буфер циклический
- Вызвать documentChanged для всех плагинов
- Отскроллить editor view
- Вызвать у всех плагинов charTyped для поддержки auto indent

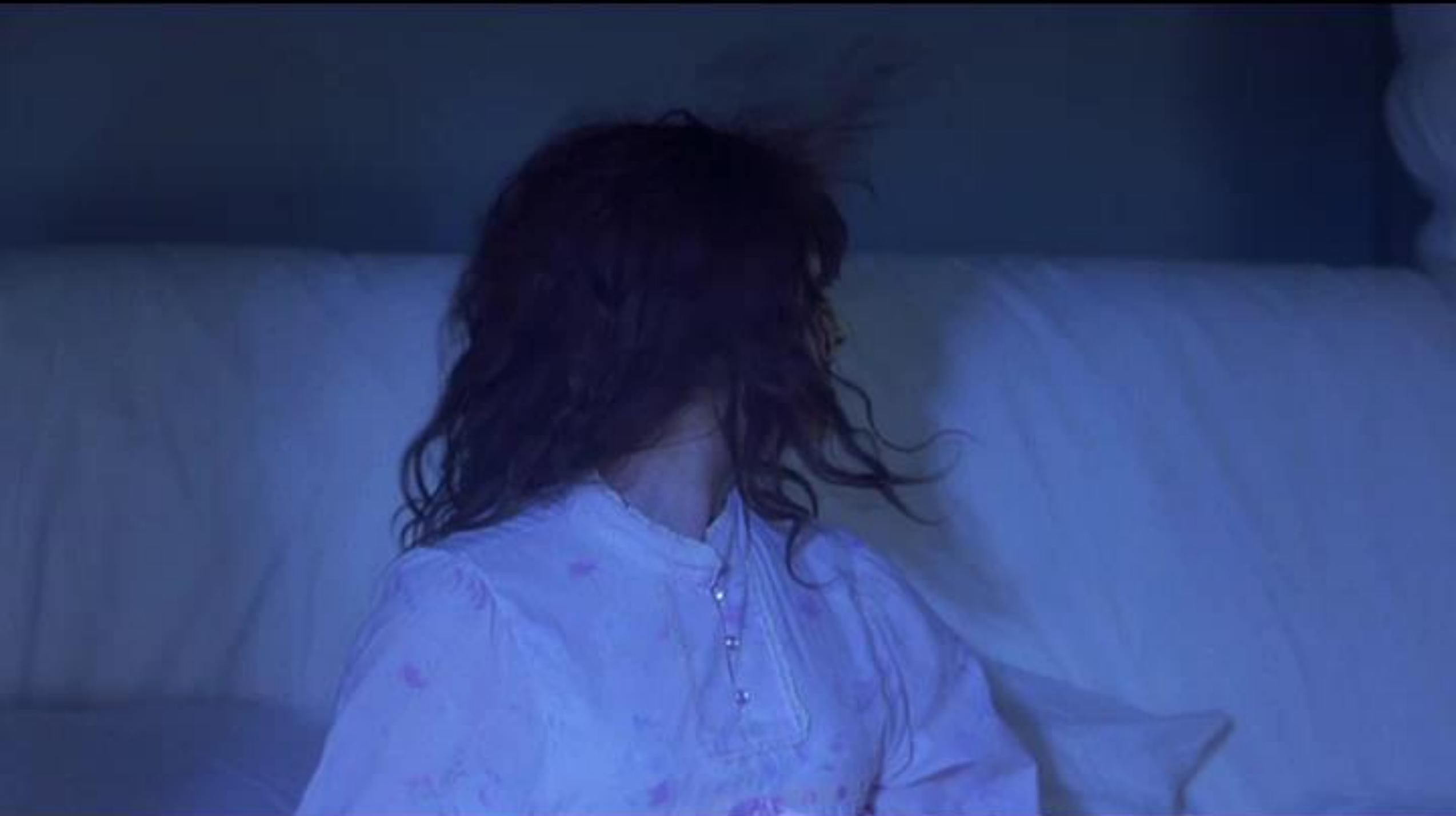
# Проблема: Тайпинг тормозит

Что происходит в `Editor.documentChanged()`:

- Обновить `error stripe`
- Пересчитать `gutter size`, перерисовать
- Пересчитать `editor component size`, послать эвенты при изменении
- Подсчитать измененные строки и их координаты
- Вызвать `repaint()`

# Проблема: Тайпинг тормозит

```
.. void paint(Graphics2D g) {  
...  
... paintBackground(g, clip, startLine, endLine, caretData);  
... paintRightMargin(g, clip);  
... paintCustomRenderers(g, startOffset, endOffset);  
... MarkupModelEx.docMarkup = myEditor.getFilteredDocumentMarkupModel();  
... paintLineMarkersSeparators(g, clip, docMarkup, startOffset, endOffset);  
... paintLineMarkersSeparators(g, clip, myEditor.getMarkupModel(), startOffset, endOffset);  
... paintTextWithEffects(g, clip, startLine, endLine, caretData);  
... paintHighlightersAfterEndOfLine(g, docMarkup, startOffset, endOffset);  
... paintHighlightersAfterEndOfLine(g, myEditor.getMarkupModel(), startOffset, endOffset);  
... paintBorderEffect(g, clipDetector, myEditor.getHighlighter(), startOffset, endOffset);  
... paintBorderEffect(g, clipDetector, docMarkup, startOffset, endOffset);  
... paintBorderEffect(g, clipDetector, myEditor.getMarkupModel(), startOffset, endOffset);  
...  
... paintCaret(g);  
...  
... paintComposedTextDecoration(g);  
.. }
```



Я, Дмитрий,  
Максим, Петр



Павел



# Тайпинг тормозит? Обманывать!

```
.. public void execute(Editor editor, char charTyped, DataContext dc) {  
..   paintCharImmediately(charTyped);  
..   super.execute(editor, charTyped, dc);  
.. }
```

# Вперед в примитивное будущее.

## Коллаборативные редакторы

Что такого особенного:

- Тысячи пользователей
- Большая задержка

Ну и че?

- Иммутабельность
- Хитрое поддержание состояния:
  - Intention preservation
  - Convergence

# Коллаборативные редакторы – и как?

Operation transformation

PEHO

PEHO

PEH $\ominus$

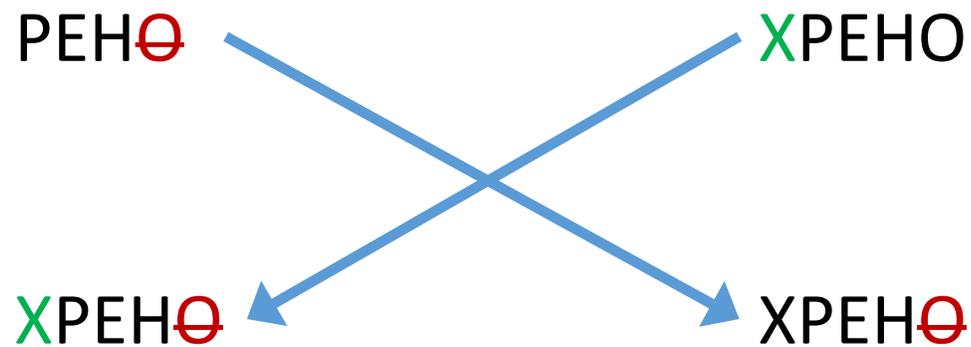
XPEHO

XPEH $\ominus$

XPEH $\ominus$

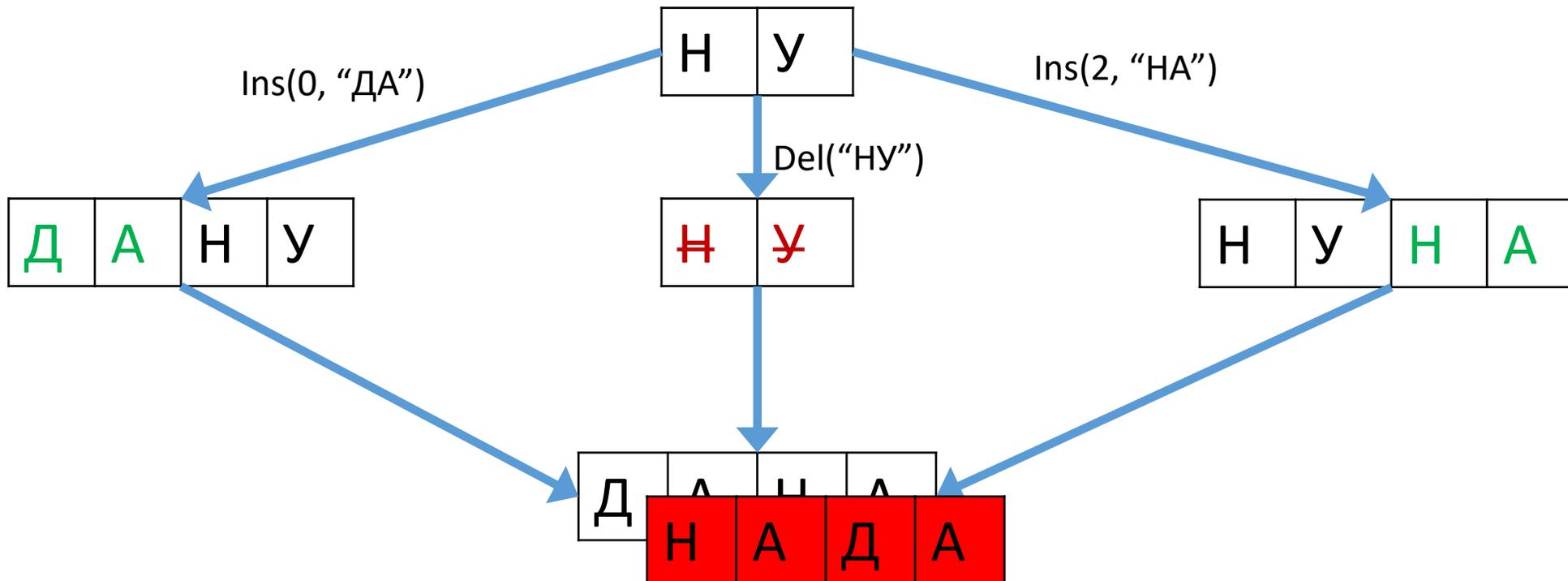
XPEH

XPEH



# Operation transformation? Это легко!

## TP2 Puzzle



# Operation transformation? Кто посмел?

- Google Docs
- Wave
- Etherpad

# Коллаборативные редакторы – и что делать?

Conflict-free replicated data type

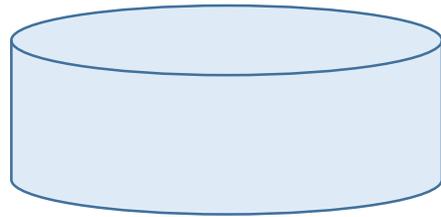
Будем проще, чем Operational transformation:

Посылаем свое состояние (или сделанную операцию) другому хосту, который мерджит с гарантией.

# Коллаборативные редакторы – и что делать?

Conflict-free replicated data type

- State



+

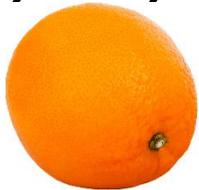
- Merge  $State_{new} = f_{merge}(State_1, State_2)$

Коммутативность! Ассоциативность!

Идемпотентность! Монотонность!

И животноводство!

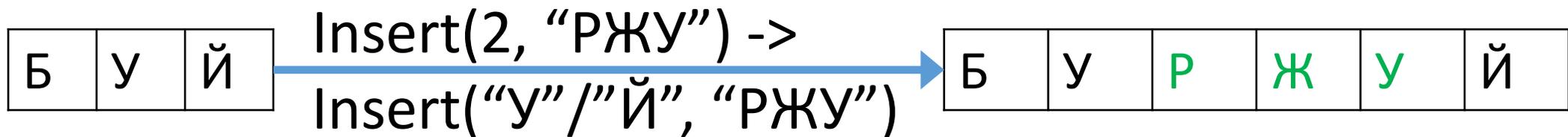
# Conflict-free replicated data type? Да их тысячи!

- G-counter: +1,+1,+1,+1...
- PN-counter: +1, -1, -1, +1
- 2P Set: +  -  + 
- 

Editable strings

# Conflict-free replicated inserts? Да ладно!

$Insert(1, "x") \rightarrow Insert(\frac{"a"}{"b"}, "x")$



# Conflict-free replicated deletes? Да ладно!

*Delete(1, 2) → Delete("x")*

К	О	Р	О	С	Т	А
---	---	---	---	---	---	---

Delete(4, 3) ->

К	О	Р	<del>О</del>	<del>С</del>	<del>Т</del>	А
---	---	---	--------------	--------------	--------------	---

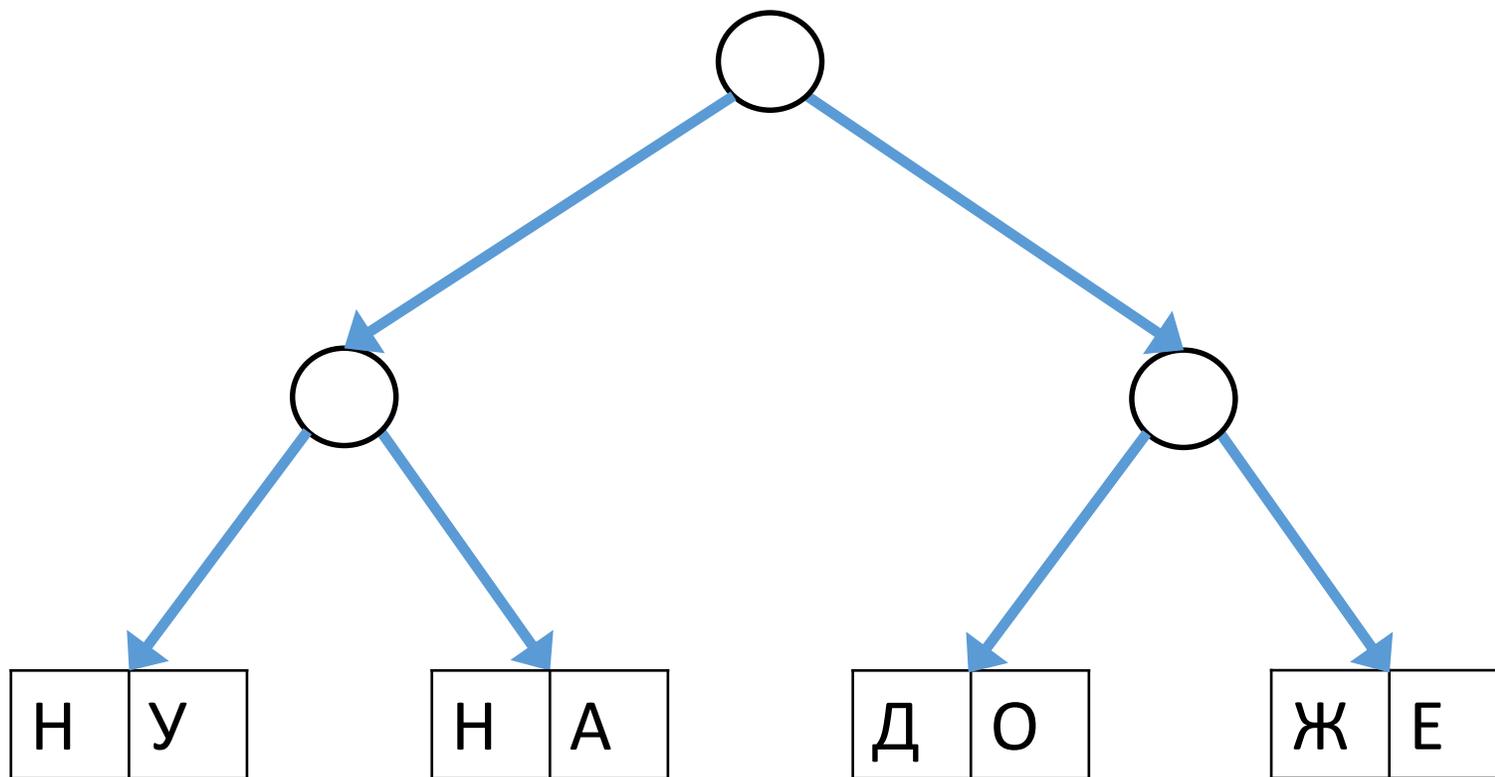
Delete("ОСТ")

# Conflict-free replicated edits? Неужели взлетает?

- Xi-Editor
- Ээээээм....

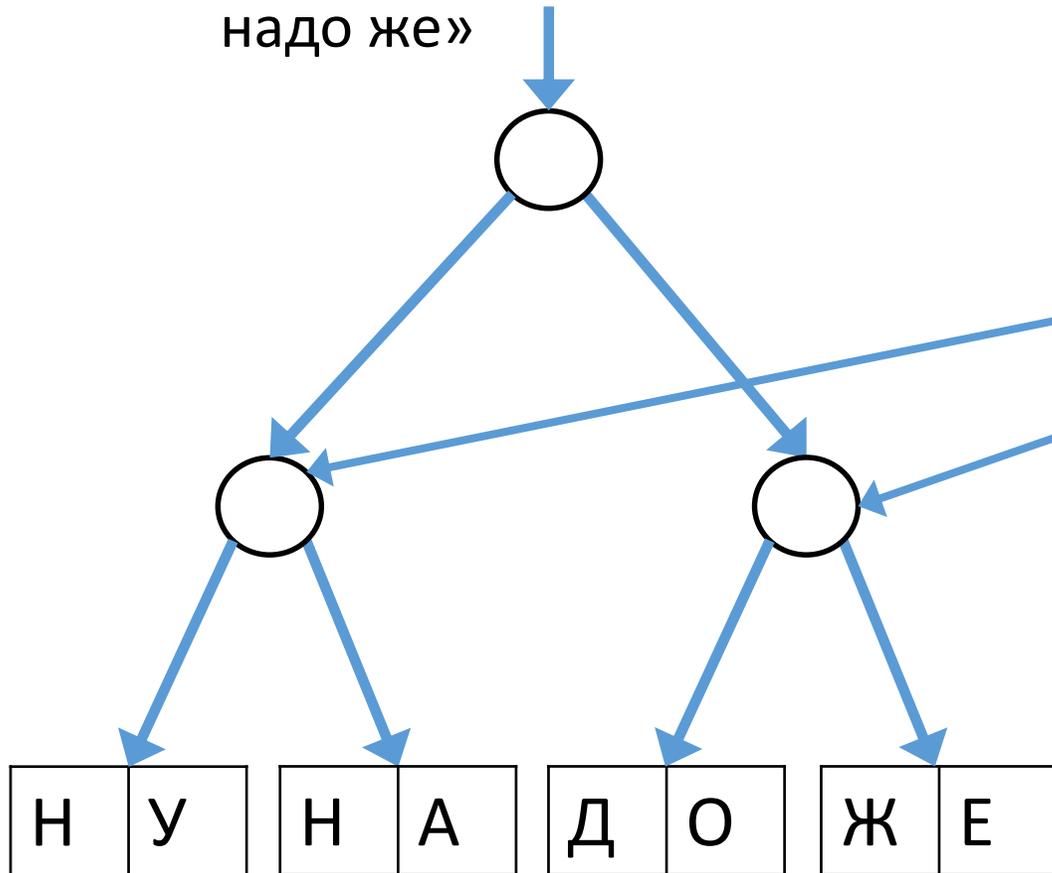
# Коллаборативные редакторы. Че еще?

Zipper

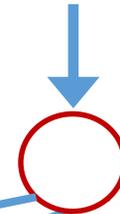


# Zipper? А как это?

Мой Документ: «Ну  
надо же»



Zipper: «Ну надо же»

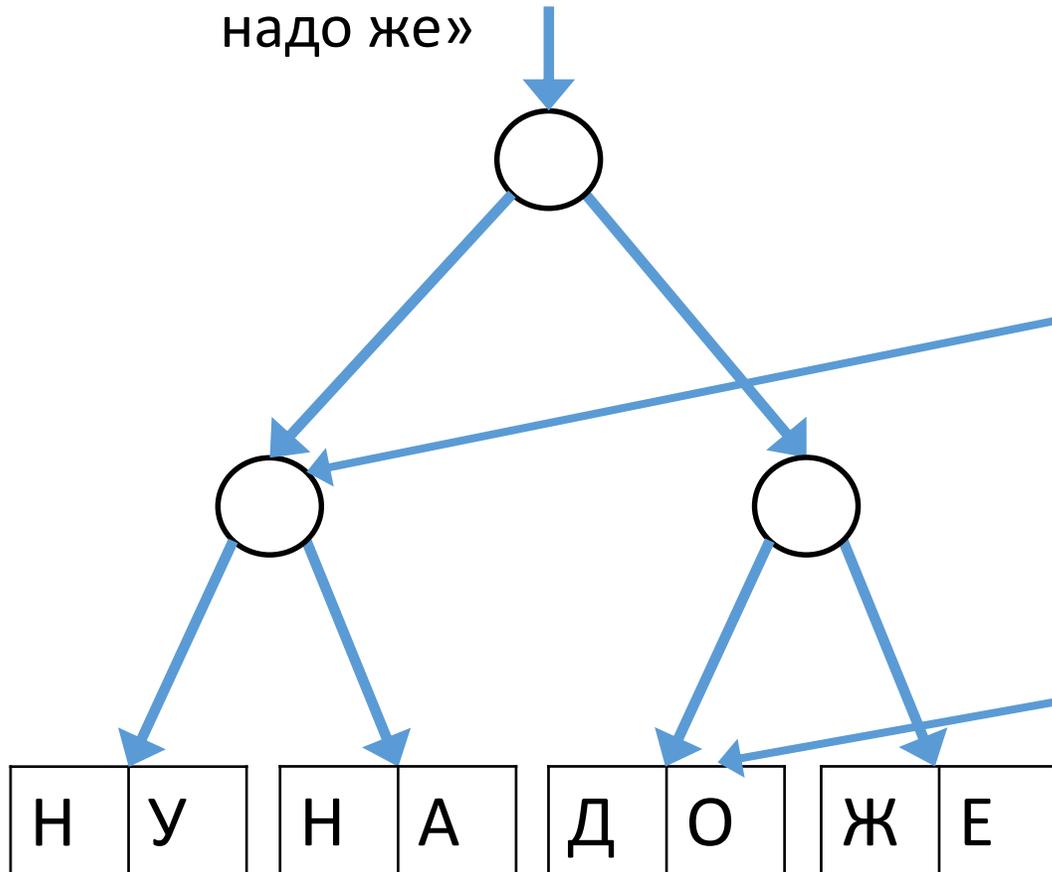


Down-Right

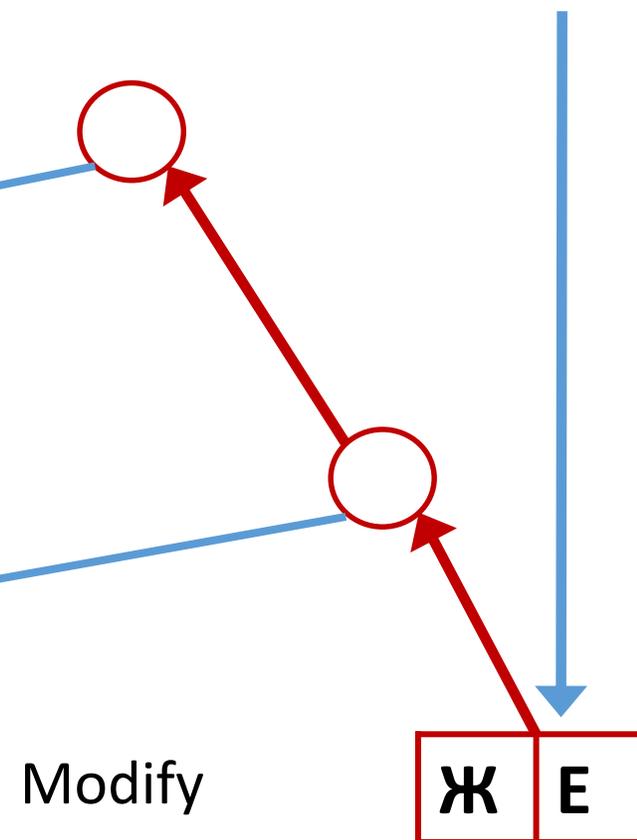


# Zipper? А как это?

Мой Документ: «Ну  
надо же»

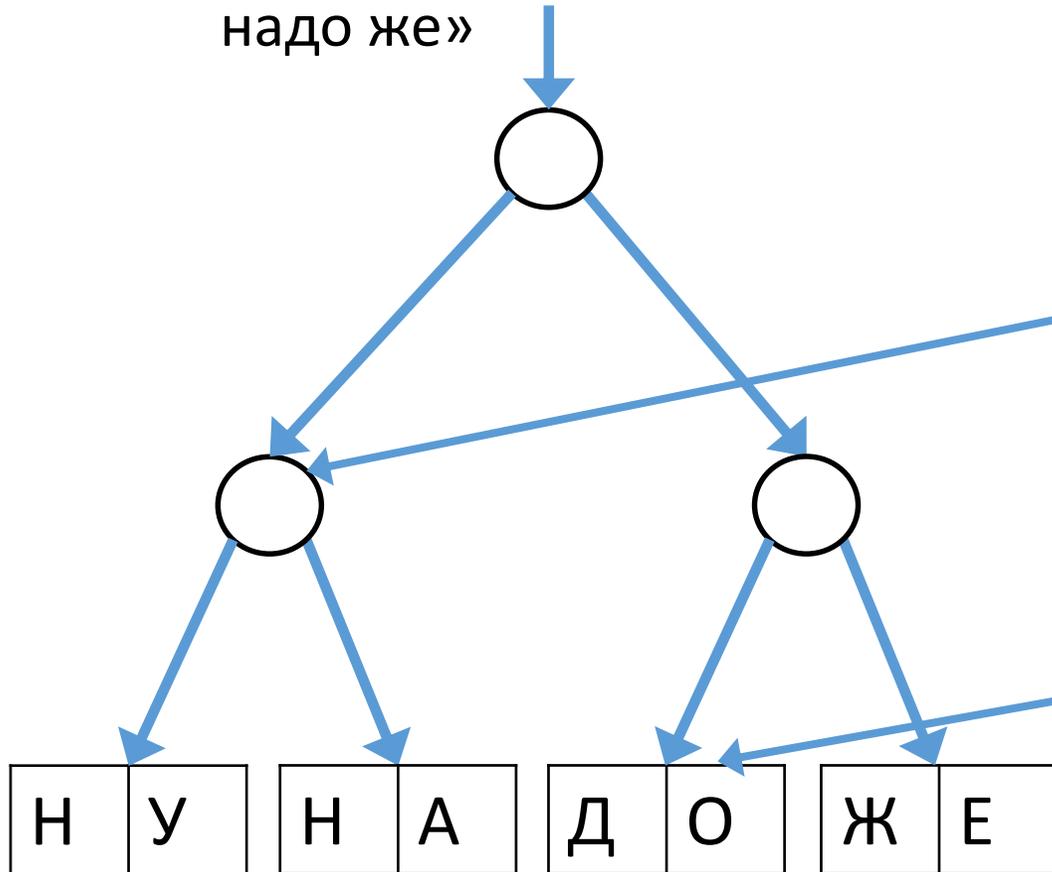


Zipper: «Ну надо же»

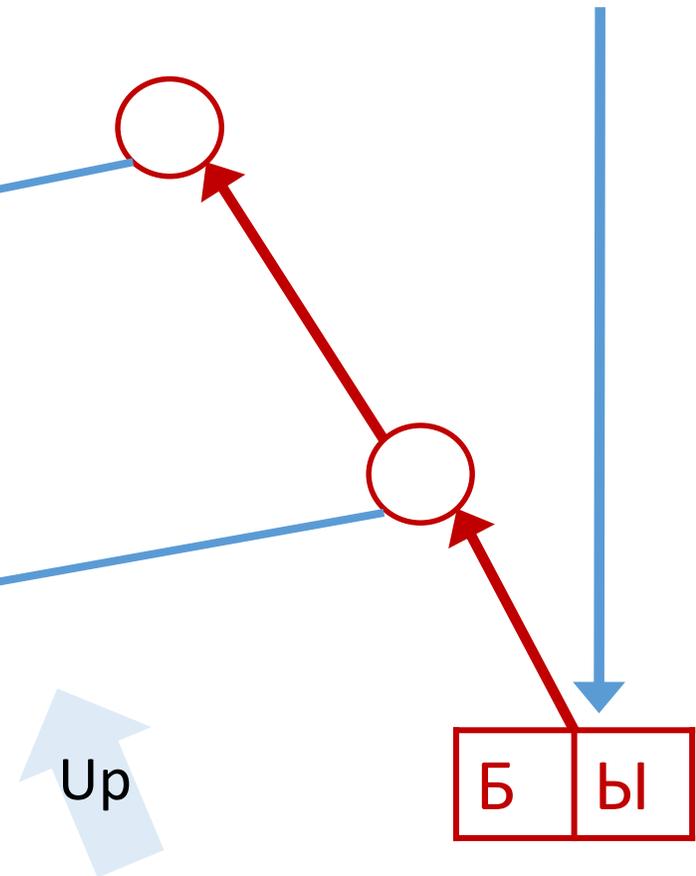


# Zipper? А как это?

Мой Документ: «Ну  
надо же»



Zipper: «Ну надо **бы**»

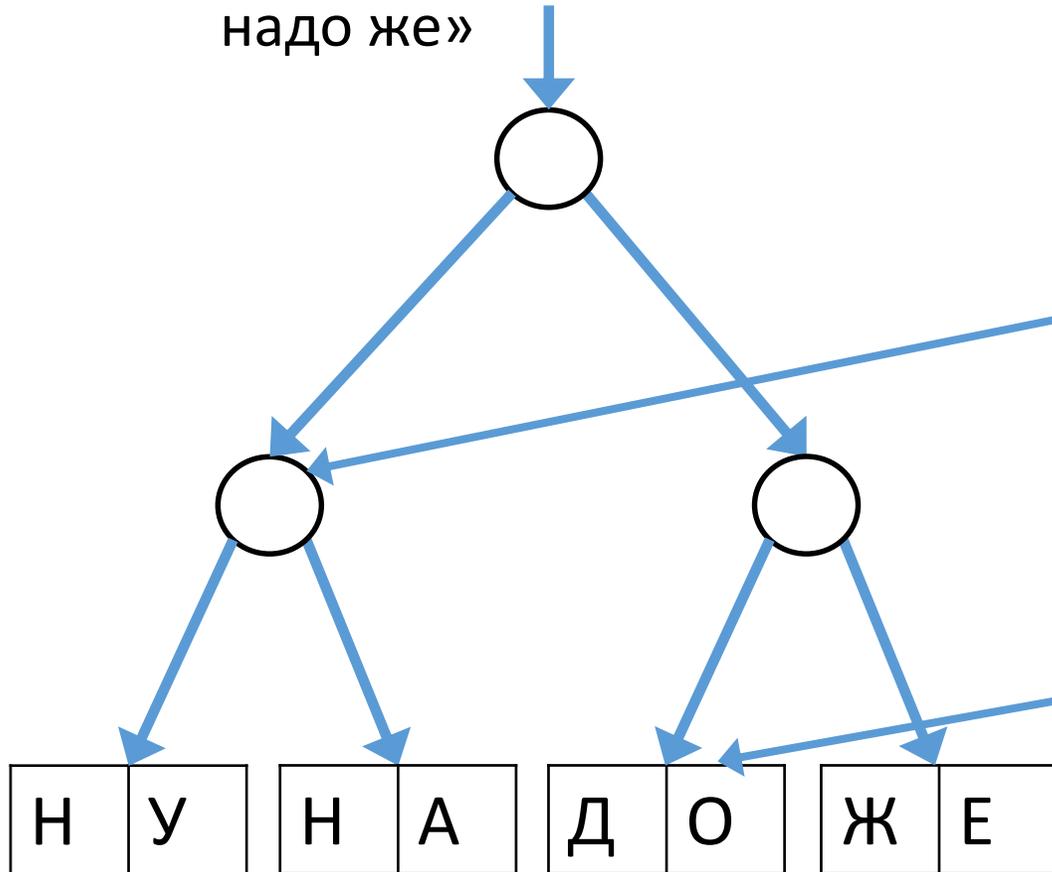


Up

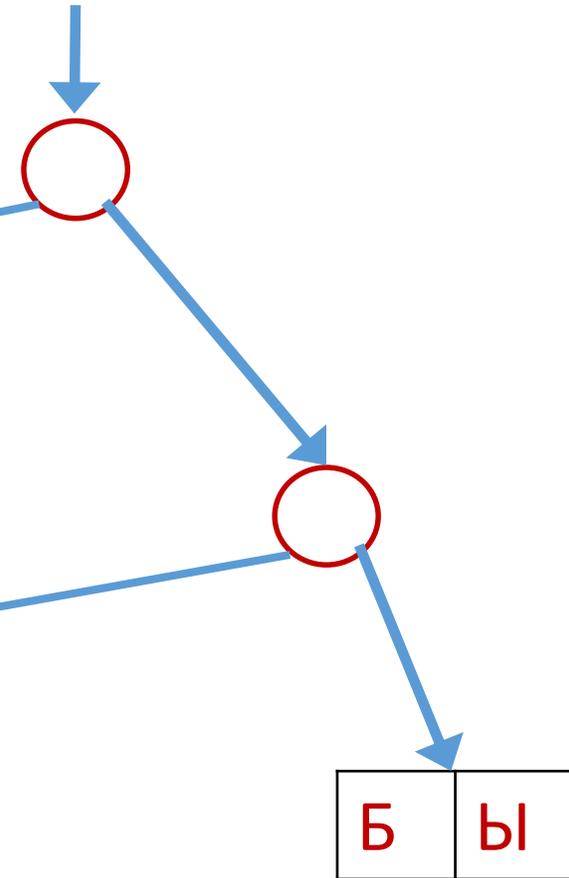


# Zipper? А как это?

Мой Документ: «Ну  
надо же»



Zipper: «Ну надо **бы**»



# Редакторы: Выводы

1. Всякие бывают извращения на свете.
2. Захочешь эвентуальной конвергентности интенций в коллаборативной среде – еще не так раскорячишься.
3. Не берите в голову. Дома лучше не повторять.

[Alexey.Kudravnsev@jetbrains.com](mailto:Alexey.Kudravnsev@jetbrains.com)

[github.com/JetBrains/intellij-community](https://github.com/JetBrains/intellij-community)