# Задание 10
## LL-анализ

**Задача 1.** Определить, являются ли LL($k$)-грамматиками следующие грамматики (заданные правилами). Если да, указать точное значение $k$:

| | | | |
|---|---|---|---|
| а) | $S \to Ab$, | $A \to Aa \mid a$; | |
| б) | $S \to Ab$, | $A \to aA \mid a$; | |
| в) | $S \to aAb$, | $A \to BB$, | $B \to ab \mid A \mid \varepsilon$; |
| г) | $S \to aAb$, | $A \to AaAb \mid \varepsilon$; | |
| д) | $S \to aB$, | $B \to aBB \mid b$. | |

**Задача 2.** Построить LL(1)-грамматику, эквивалентную грамматике из задачи 1(б), и управляющую таблицу для неё.

**Задача 3.** Написать для грамматики эквивалентную LL(1)-грамматику, построить LL(1)-анализатор и продемонстрировать его работу на слове $baab$.

$$S \to baaA \mid babA \qquad A \to \varepsilon \mid Aa \mid Ab$$

**Задача 4*.** Докажите, что язык $a^* \cup a^n b^n$ не является LL(1)-языком, то есть не существует LL(1)-грамматики, порождающей этот язык.

**Задача 5.** Язык $L$ задан неоднозначной КС-грамматикой

$$G = \{\{S\}, \{(,)\}, \{S \to (S) \mid SS \mid ()\}, S\}.$$

Написать LL(1)-грамматику для языка $L$.

**Задача 6.** Существует ли такая праволинейная (не обязательно регулярная праволинейная) грамматика, которая не является LL(1)-грамма-тикой?

**Задача 7.** В приведённой грамматике[1] $G$ есть правило $S \to AB$ и при этом $\mathrm{FIRST}(A) \cap \mathrm{FIRST}(B) = \varepsilon$. Верно ли, что грамматика $G$ может быть LL(1)-грамматикой?

**Задача 8.** Пусть для некоторых двух нетерминалов $A$ и $B$ приведённой КС-грамматики $G$ пересечение $\mathrm{FOLLOW}(A) \cap \mathrm{FOLLOW}(B)$ оказалось непустым. Верно ли, что грамматика $G$ не является LL(1)-грамматикой?

[1] Грамматика называется приведённой, если в ней нет недостижимых и бесплодных символов. В литературе также встречаются неэквивалентные определения этого термина.

P.S. Введем операцию $\oplus_k$ следующим образом:

$$L_1 \oplus_k L_2 = \{w \mid \exists x \in L_1, \exists y \in L_2, u = xy, |u| \leqslant k \Rightarrow w = u, |u| > k \Rightarrow w = u[1,k]\}$$

***Алгоритм вычисления*** $\mathrm{FIRST}_k(X)$*:*

*0)* Для каждого $\sigma \in T$ положим $F_i(\sigma) = \sigma \ \forall i$. Для каждого $A \in N$, рассмотрим все правила вида $A \to x\alpha$, где $x \in T^*$ – слово, а цепочка $\alpha \in N(N \cup T)^* \cup \{\varepsilon\}$ - либо начинается с нетерминала, либо пуста. Если $|x| \geqslant k$ , добавим к множеству $F_0(A)$ слово $x[1,k]$. Иначе, если $\alpha = \varepsilon$, добавим к множеству $F_0(A)$ слово $x$.

*i)* Добавить к множеству $F_i(A)$ множество $F_{i-1}(A)$. Для каждого правила $A \to X_1 \ldots X_n$

добавить к $F_i(A)$ множество $F_{i-1}(X_1) \oplus_k \ldots \oplus_k F_{i-1}(X_n)$,

вычислить $F_i(X_j)$, для $j = 1..n$

*last)* $F_i(A) = F_{i-1}(A)$ для любого $A$ из $N$. Положить $\mathrm{FIRST}_k(A) = F_i(A)$.